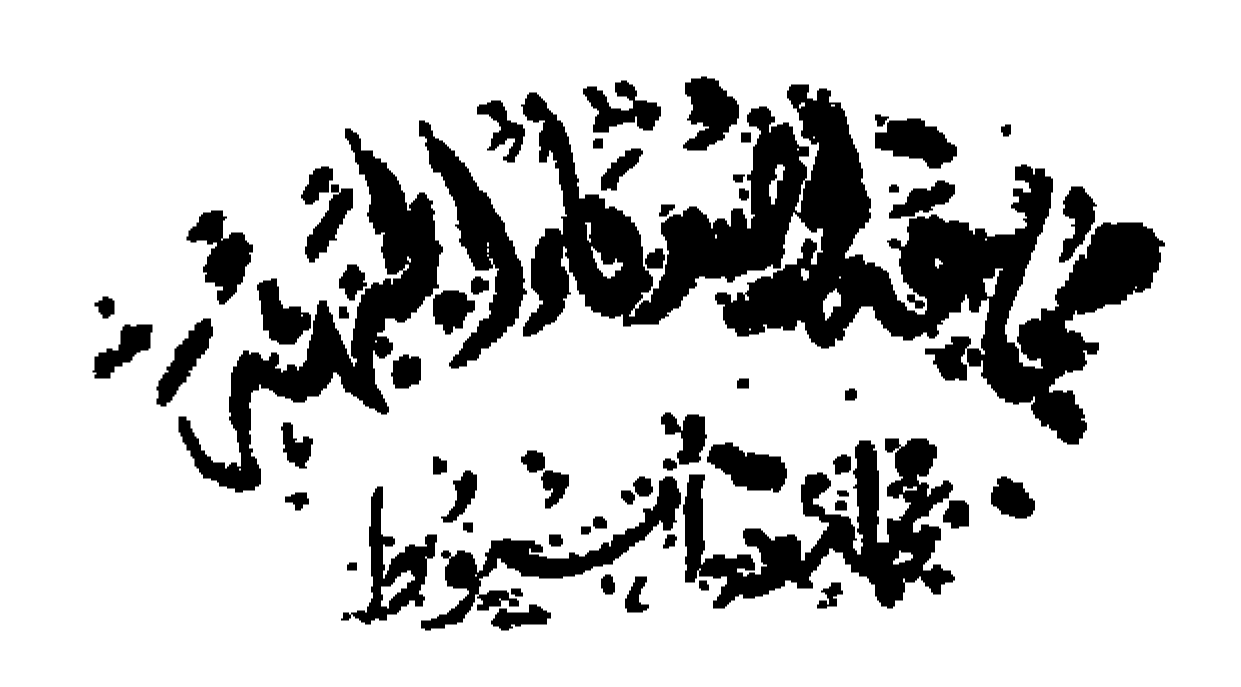
اقرأ

الدكتور محمد جمال الدين الفندي

الغبار الذري

دار المعارف بمصر



الغبار الذرّي

الدكتور محمد جمال الدين الفندى

الغبار الذرّى

اقرأ ١٨٥
دار المعارف بمصر

اقرأ ١٨٥ – مايو سنة ١٩٥٨

ملتزم الطبع والنشر : دار المعارف بمصر

إهداء

إلى كل مؤمن بالسلام ، كافر بالحرب

جمال الفندى

تمهيد

من أهم ما لفت نظر الناس وشغل بالهم فى هذه السنين تلك الظواهر الحيوية والتقلبات الجوية غير العادية التى نشاهدها أو نسمع عنها ، وما تقلبات الجو وغوائله عامة بجديدة على بنى البشر ، ومنذ فجر المدنية والإنسان يحاول إرجاع ما يصادفه منها إلى المخترعات ! فلم يتردد بعض الناس عندما ظهر اللاسلكى وانتشرت أمواجه فى الجو من الادعاء بأن تلك الأمواج « الجهنمية» كانت هى السبب فيما أعقب انتشارهامن فيضانات الهند التى قتلت الملايين وتركت نحو ٤٥ مليوناً بدون ملجأ ! وقد عزاها البعض ظلماً وبهتاناً إلى الطائرات وتحليقها فى الفضاء ! . . . وهانحن أولاء اليوم نلمس طائفة من التغيرات فى طبيعة الجو، ممثلة فى ثورة الطبيعة فى كل مكان، وها نحن أولاء نرجع ذلك مرة أخرى إلى المخترعات ممثلة فى التجارب الذرية ... فما نصيب ذلك من الصحة ؟ . . . الإجابة عن هذا السؤال من أسس كتابى هذا ، أقدمها فى أبسط صورة علمية ممكنة كثقافة عامة .

ولا يقتصر الكتاب على ذلك ، بل هو فى الواقع فى مرتبة التقرير العلمى المفصل عن نتائج تجارب الأسلحة الذرية التى تجرى فى هذا العصر ، ولا يقف البحث عند حدود الوصف الخاص أو العام ، بل فيه كثير من الحقائق والأرقام ، مما لم ينشر على العالم العربى بعد .

ولقد فصلت تأثير الغبار الذرى فى كافة مراحل ترسبه ، ثم بينت أهوال الانفجار على أبعاد مختلفة تنويراً للأذهان ليعرف الناس حقيقة ذلك الشر المستطير ، كما جلى الكتاب بكثير من الصور والرسوم لزيادة الإيضاح عند اللزوم .

ولما كان ترسب الغبار الذرى هو أعظم نتائج هذه التجارب خطراً وأبعدها أثراً ، فقد انصب البحث فى أغلب نواحيه على « المطر الذرى » وتأثيره على الأحياء ثم على جو الأرض الذى قدمت له بمقدمة طويلة .

ونصيحتى للقارئ أن يعاود تلاوة ما يفوته تتبعه من آن لآخر كلما سار قدماً فى مطالعته ، فإنه بذلك تتفتح له المعانى ويسهل التتبع ، وهكذا يستطيع دائماً أن يترك إلى حين أى جزء يستعصى عليه .

يوليو ١٩٥٧ — المؤلف

جمال الفندى

مقدمة

عندما بدأت بحث هذا الموضوع وأخذت أجمع المعلومات اللازمة وأرتب البيانات المطلوبة كنت أسمع من آن لآخر من يقول : يا للعجب . . . ؟ حتى الجو تأثر بالذرة ؟ ! . . . يا له من حديث خرافة !

وكنت أعرف أن محاولات سبقت لبعض الباحثين فى هذا الصدد ، فى إنجلترا على وجه التحديد ، وقد احتفظوا بالنتائج التى وصلوا إليها كسر من أسرارهم ، ولكنى كنت ألمس أهمية الموضوع من نواح عديدة وأنه يثير اهتمام الجمهور ، وأن الحكم النهائى فيه يتطلب المزيد من الأرصاد والدراسة خلال فترات طويلة من الزمن . وكنت ألمس أيضاً أن معلوماتنا عن نتائج التجارب الذرية محدودة وغامضة .

وليس من شك أن أغلب ما على الأرض من كائنات قد تأثر فعلا بدرجات متفاوتة بالتجارب الذرية وانتشار الغبار الذرى ، فما بال الأجواء ومسالك الهواء لا تتأثر بدورها ، والتجارب الذرية كلها أو جلها لا تجرى إلا فى الجو ، والغبار الذرى لا يتناثر إلا فيه ! ؟ إن التأثير المقصود والذى نعنيه هو

فى أجلى معانيه حدوث بعض الظواهر غير المألوفة أو غير العادية ، ولا يلزم أن تكون هذه الظواهر نتيجة مباشرة لإجراء التجارب الذرية ، بل قد تكون من نتائجها غير المباشرة ، فكم من مرة نجد النتائج غير المباشرة لظاهرة من الظواهر من الأهمية لدرجة أنها تفوق بكثير حدود تأثيراتها المباشرة . . . وما لنا نذهب بعيداً وهاهى ذى الطبيعة تسوق لنا مثلا رائعاً حين تجعل التأثيرات المباشرة لأضواء الشمس وحرارتها فى جو الأرض لا قيمة لها إذا قورنت بتأثيراتها غير المباشرة ، فإن من المعروف أن الإشعاع الشمسى يكاد يخترق جو الأرض دون أن يخلف وراءه من الطاقة ما يكفى لتولد أقل العواصف عنفاً أو أصغرها أثراً فى الجو ، أى دون أن تمتص مكونات الهواء منه سوى النزر اليسير . ويصل أغلب إشعاع الشمس إلى سطح الأرض ، اليابس منه والماء ، حيث يتم امتصاص كميات وفيرة منه وحيث تبدأ قصة جديدة فى سبيل تسخين جو الأرض وإمداده بالطاقات أو القوى اللازمة لتولد كافة ظواهر الجو ودفع تيارات الهواء فى مسالكها . ومعنى ذلك أن المصدر الفعلى للطاقة فى جو الأرض هو سطحها وليست هى الشمس مما يفسر لنا كيف تنخفض الحرارة عموماً كلما ارتفعنا فى الجو واقتربنا نسبياً من الشمس !

مصادر الطاقة فى جو الارض

ليس من مصدر طبيعى للطاقة فى جو الأرض سوى الإشعاع الشمسى غير المباشر . وتحتوى أشعة الشمس المباشرة قبل دخولها جو الأرض وتأثرها به على نسب متباينة من الطاقات الأثيرية ذات الموجات المختلفة الطول والصفات ، إلا أنه يمكن حصر السواد الأعظم منها فى حزمة أو طائفة من الأشعة تحدها موجتان طول الأولى منهما نحو ٠,١٧ ميكرون* ، أى فى الأشعة فوق البنفسجية ، وطول الثانية نحو ٤ ميكرون ، أى فى الأشعة الحرارية المعروفة علميا باسم تحت الحمراء . وتقدر نسب الطاقة فى إشعاع الشمس هذا ، أى مقدار ما يفد منها لكل ١٠٠ وحدة ، على النحو الآتى :

١ — حوالى ٩ ٪ أشعة فوق البنفسجية ، وهى حزمة تنحصر أطوال أمواجها بين ٠,١٧ ميكرون ونحو ٠,٣٣ ميكرون . وهذه هى أقصر الأمواج التى ترسلها الشمس ، وهى لا تميزها الأعين ، كما يتعذر عليها الوصول إلى سطح

---

* الميكرون وحدة لقياس الأطوال الصغيرة و يساوى جزءاً من عشرة آلاف جزء من السنتيمتر الطولى الواحد .

الأرض إلا إذا كان الجو نقيا صافياً خالياً من الأتربة . ولهذه الأشعة أثر فعال فى حفظ الصحة ومداواة الكثير من المرضى بالسل والكساح ، ولذا ينصحون بعمل حمامات الشمس بعيداً عن المدن فى مصحات الجبال العالية أو على سواحل البحار حيث الجو النقى . وهذه الأشعة هى التى تكسب الجسم اللون البرنزى الجميل المعروف والمألوف بعد أخذ حمامات الشمس .

٢ — حوالى ٣٨ ٪ أشعة مرئية (ضوء) ، وهى تكون حزمة من الإشعاعات تنحصر أطوال أمواجها بين ٣٤ , ٠ ميكرون ونحو ٨,٠ ميكرون ، وهى مصدر النور فى سماء الأرض ، ويمكن أن تمتصها الأجسام المادية المعتمة حيث تتحول إلى طاقة حرارية .

٣ — حوالى ٥٣ ٪ أشعة حرارية (تحت الحمراء) ، وهى التى نشعر بوطأتها المباشرة عندما نتعرض لأشعة الشمس لأنها ترفع من درجة حرارة الأجسام .

وتبلغ قيمة الإشعاع الشمسى على كل سنتيمتر مربع خارج جو الأرض فى المتوسط نحو سعرين حراريين فى الدقيقة الواحدة . والسعر الحرارى هو كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة جرام واحد من الماء درجة واحدة سنتيجراد ، وعلى

ذلك فإن جراماً واحداً من الماء يغطى مساحة قدرها سنتيمتراً مربعاً خارج جو الأرض ترتفع درجة حرارته بمعدل درجتين سنتيجراد فى الدقيقة تحت تأثير الإشعاع الشمسى . ويطلق العلماء على هذا القدر من الطاقة اسم « الثابت الشمسى » ، ذلك لأن التغير فى قيمته غير دائم خلال فترات طويلة .

ويتناقص الإشعاع الشمسى بعض الشيء بدخوله جو الأرض لأسباب عديدة أهمها الامتصاص ، أى حجز بعض الأشعة واستهلاكها فى الجو حيث تتحول إلى طاقة حرارية ، وتختلف قدرة الغازات المكونة للهواء الجوى على الامتصاص ، إلا أن أهم الغازات التى تقوم بهذه العملية هى الأكسجين والأوزون ثم بخار الماء .

ويمتص الأكسجين من الإشعاع الشمسى المباشر عند اختراقه طبقات الجو العليا كثيراً من الطاقة فوق البنفسجية فى حزمة امتصاص تمتد من ١٧ , ٠ ميكرون إلى ٢ , ٠ ميكرون ، وتعرف حزمة الامتصاص هذه باسم « حزمة امتصاص شومان » . وتتحول الطاقة فوق البنفسجية بعد امتصاصها إلى طاقة حرارية هى من ألزم ما يكون لثبوت درجات الحرارة فى الجو العلوى وخاصة على أبعاد أكبر من ١٠٠ كيلومتر ، إذ تعوض ما تفقده تلك الطبقات من حرارة عن طريق التبريد بالإشعاع

إلى الفضاء .

أما الأوزون فهو يمتص بغزارة كثيراً من الأشعة فوق البنفسجية فى حزمة امتصاص أو مجموعة أمواج تعرف علميا باسم « حزمة هارتلى » وتحدها موجتان طول الأولى ٢,٠ ميكرون وطول الثانية نحو ٣٢,٠ ميكرون . ويشتد امتصاص غاز الأوزون الذى فى الجو عند الموجة التى طولها ٢٥,٠ ميكرون . ولامتصاص الأوزون فى حزمة هارتلى هذه علاقة وثيقة باختفاء الإشعاع الشمسى قرب الموجة ٢٩,٠ ميكرون . ولما كان الأوزون يتواجد بكثرة على ارتفاعات تمتد من ١٥ إلى ٤٠ كيلومتراً فإن هذا الامتصاص يسبب تسخين الجو فى تلك الطبقات المرتفعة ويعوضها النقص فى الحرارة بسبب الإشعاع إلى الفضاء أيضاً .

وفى المتوسط يمتص غاز الأكسجين وغاز الأوزون فى أعالى الجو نحو ١٪ و ٢ ٪ من طاقة الإشعاع الشمسى يوميا ، وهى تكفى لحفظ الحالة الحرارية لتلك الطبقات المرتفعة على ما هى عليه وتعوضها النقص الذى ينتج بفقد حرارتها للفضاء كما سبق .

أما فى طبقات الجو القريبة من سطح الأرض حيث يقل ورود الطاقة فوق البنفسجية نسبيا لامتصاص أغلبها فى

الطبقات العليا فلا يلعب غاز الأكسجين ولا غاز الأوزون أى دور فى عمليات الامتصاص ، والذى يقوم بهذا الدور هو بخار الماء الذى يكثر تواجده فى طبقات الجو السفلى القريبة أو الملامسة لمصادر المياه على الأرض . ولبخار الماء سلسلة من حزم الامتصاص فى كل من الطيف المرئى والطيف الحرارى . وتتوقف مقادير الطاقة الممتصة على كمية بخار الماء العالق فى الهواء ، وهى تتغير بتغير الزمان والمكان ، ويشتد الامتصاص كلما كثرت كميات بخار الماء والعكس بالعكس ، وقد قدر أنه فى المتوسط يمتص بخار الماء العالق فى الجو السفلى نحواً من ٦ ٪ إلى ٨ ٪ من الإشعاع الشمسى المباشر . . وعلى ذلك إذا حسبنا مقدار الامتصاص الذى تحدثه غازات الجو نجد أنه لا يتعدى فى مجموعه نحو ٨ ٪ إلى ١٠ ٪ من الإشعاع الشمسى .

وعندما ندخل أيضاً حساب الامتصاص الذى تحدثه المواد الغريبة أو الشوائب التى تعلق فى الجو من آن لآخر مثل الأتربة التى تذروها الرياح والغبار الذى تثيره البراكين والعواصف ، معتمدين على القياسات الدقيقة لهذه العوامل فى هذا العصر ، وجدنا أنها بعد أخذ متوسطاتها على الأرض لا تمتص أكثر من ٢ ٪ من طاقة الإشعاع الشمسى ، ومعنى

ذلك أن مجموع ما يفقد بكافة مكونات الجو فى جميع طبقاته لا يتعدى فى المتوسط ١٠ ٪ إلى ١٢ ٪ من الإشعاع المباشر ، أى أنه بصرف النظر عما تعكسه أجسام السحب التى تسبح فى جو الأرض أو ما ترده إلى الفضاء ، فإن الإشعاع الشمسى يكاد بأكمله يخترق جو الأرض دون أن يفقد بعامل الامتصاص أكثر من ١٢ ٪ من قيمته الأصلية ، والتأثير أو التسخين المباشر للإشعاع الشمسى بمفرده إذن لا يلعب دوراً يذكر فى النشاط الجوى ، ولا يتعدى أثره حفظ التوازن الحرارى فى الطبقات العليا .

وتعكس السحب المنعقدة فى الجو وترد إلى الفضاء الكونى الفسيح جزءاً كبيراً من إشعاعات الشمس . وقد وجد — بأخذ متوسطات كميات السحب فى كافة أرجاء الأرض على اختلاف ارتفاعاتها وتباين أنواعها طول العام — أن السحاب يغطى فى المتوسط نحو ٥٤ ٪ من السماء ، وهو بذلك يرد بواسطة الانعكاس إلى الفضاء نحو ٢٤ ٪ من الإشعاع الشمسى .

بقى أن نعرف ما يحدث لطاقة الشمس التى تصل إلى سطح الأرض بعد أن تتناقص قيمتها الأصلية فى الجو بجميع العوامل التى ذكرناها . ومن الطبيعى أن ينعكس أو يرد بعض الإشعاع عند سطح الأرض بينما يمتص الباقى ويستخدم أو يستنفد فى

تسخين سطح الأرض ورفع ردجة حرارته وفى عمليات البخر أو تحويل الماء إلى بخار* من الأسطح المائية . وطبيعى أن تختلف قوة سطح الأرض فى رد ما يفد إليها من إشعاع بواسطة الانعكاس تبعاً لاختلاف طبيعة هذا السطح ، ولكن قدر أن متوسط ما يرده سطح الأرض بأجمعه من الإشعاع الساقط عليه لا يتعدى ٣ ٪ ، أما الجزء الباقى فيمتص بأسره .

ويستنفد اليابس ما يمتصه من الأشعة أو يستفيد منها ويمتصها خلال قشرة رفيعة بسبب عدم شفافيته ، ولهذا ترتفع درجة حرارة سطح اليابس سريعاً أثناء النهار ، كما ترتفع درجة الحرارة داخل القارات خلال الصيف بمقدار كبير . أما فى حالات الأسطح المائية فإن الإشعاع الشمسى يمكنه ، نظراً لشفافية الماء ، أن ينفذ خلال طبقات سميكة نسبيا من المياه قبل أن يتم امتصاصه ، هذا إلى جانب ما يستنفد من الطاقة فى التبخير ، ولذلك لا ترتفع درجة الحرارة على البحار والمحيطات أثناء الصيف بنفس القدر الذى يرصد داخل القارات المتاخمة أو التى على نفس خط العرض ، ويكون للأهوية المقبلة من البحار طابع الاعتدال .

---

* يلزم لتبخير جرام واحد من ماء البحر فى المتوسط نحو ٦٠٠ سعر من الحرارة .

وعندما ترتفع درجة حرارة سطح الأرض (اليابس أو الماء) بامتصاص الإشعاع الشمسى كما ذكرنا تبدأ قصة جديدة فى تسخين الهواء الجوى ومده بالطاقة الحرارية اللازمة لتوليد النشاط فيه ، وتتضمن هذه القصة الطرق غير المباشرة للاستفادة من الإشعاع الشمسى ، مثل التوصيل الحرارى ، والحركة غير الانسيابية ، وتيارات الحمل ، ثم عمليات التكاثف .

والتوصيل الحرارى ظاهرة طبيعية تشاهد عندما يلامس جسم مادى ساخن جسما آخر أبرد منه ، فإن الحرارة تسرى من الجسم الساخن إلى الجسم البارد تماماً كما تنساب المياه من الأماكن العالية إلى الأماكن المنخفضة . ويعمل التوصيل الحرارى على تسخين الهواء الملامس أو الملاصق لسطح الأرض مباشرة ، ويقتصر تأثيره على طبقة رقيقة جدا ، كما أنه فى العادة لا يكون بدرجة واحدة على مساحات واسعة ، وذلك نظراً لاختلاف طبيعة أجزاء سطح الأرض وعدم التجانس فيها . فالهواء الذى على الصخور والرمال مثلا ترتفع حرارته أثناء النهار بدرجة أكبر بكثير من الهواء الذى على المزارع أو الترع والقنوات أو البحيرات .

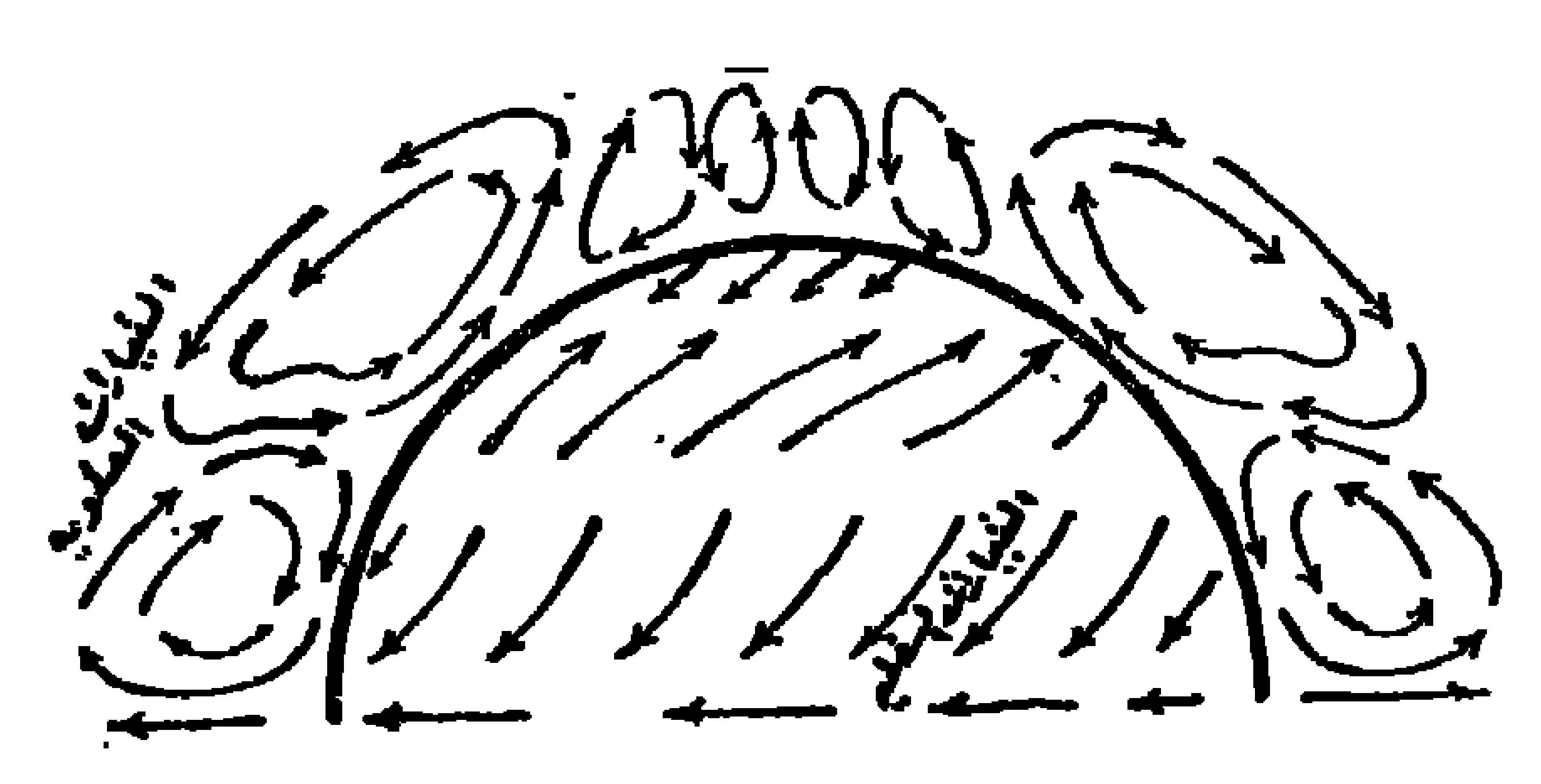
أما حركة الهواء غير الانسيابية فسببها المألوف أن التيارات التى تهب على مساحة واسعة بسرعة غير خفيفة لا تظل أجزاؤها

حافظة مستواها ، أى أن هذه الأهوية لا تنساب فى مستويات أفقية ، بل تصعد أجزاء منها وتهبط أخرى فى نفس الوقت محدثة حركة مزجية وخاصة فى الأجزاء التى تعترضها العقبات السطحية ، أو التى لا تستقر بسبب التغيرات السريعة فى حركة أو سرعة الهواء فى الطبقات السطحية ، أو بسبب إضافة أبخرة المياه ، وبخار الماء أقل كثافة أو أقل وزناً من الهواء ، وكذلك الهواء الرطب أخف من الهواء الجاف وهو يصعد فى الجو لخفته . وهكذا نجد أن هناك حركة رأسية إلى جانب الحركة الأفقية للهواء تعمل دائبة على نقل الحرارة والرطوبة والأتربة ونحوها إلى ارتفاعات كبيرة نسبيا فوق السطح قد تصل إلى أكثر من ٣ كيلومترات ، وتعرف هذه الحركة المزجية باسم الحركة غير الانسيابية نظراً لكونها لا تتخذ شكل تيار معين .

هكذا تتمخض الحركة غير الانسيابية فى الجو عن نزح حرارة سطح الأرض والحرارة التى تكتسبها طبقات الهواء الملامس له بالتوصيل الحرارى ونزح أبخرة المياه التى فيه إلى أعلى . ويساعد على تنشيط هذه الظاهرة ازدياد سرعة الهواء ، واختلاف طبيعة أجزاء سطح الأرض ، ووجود الدوامات والمرتفعات ومنها أمواج البحر . أما إذا صعد الهواء على هيئة تيار مستمر

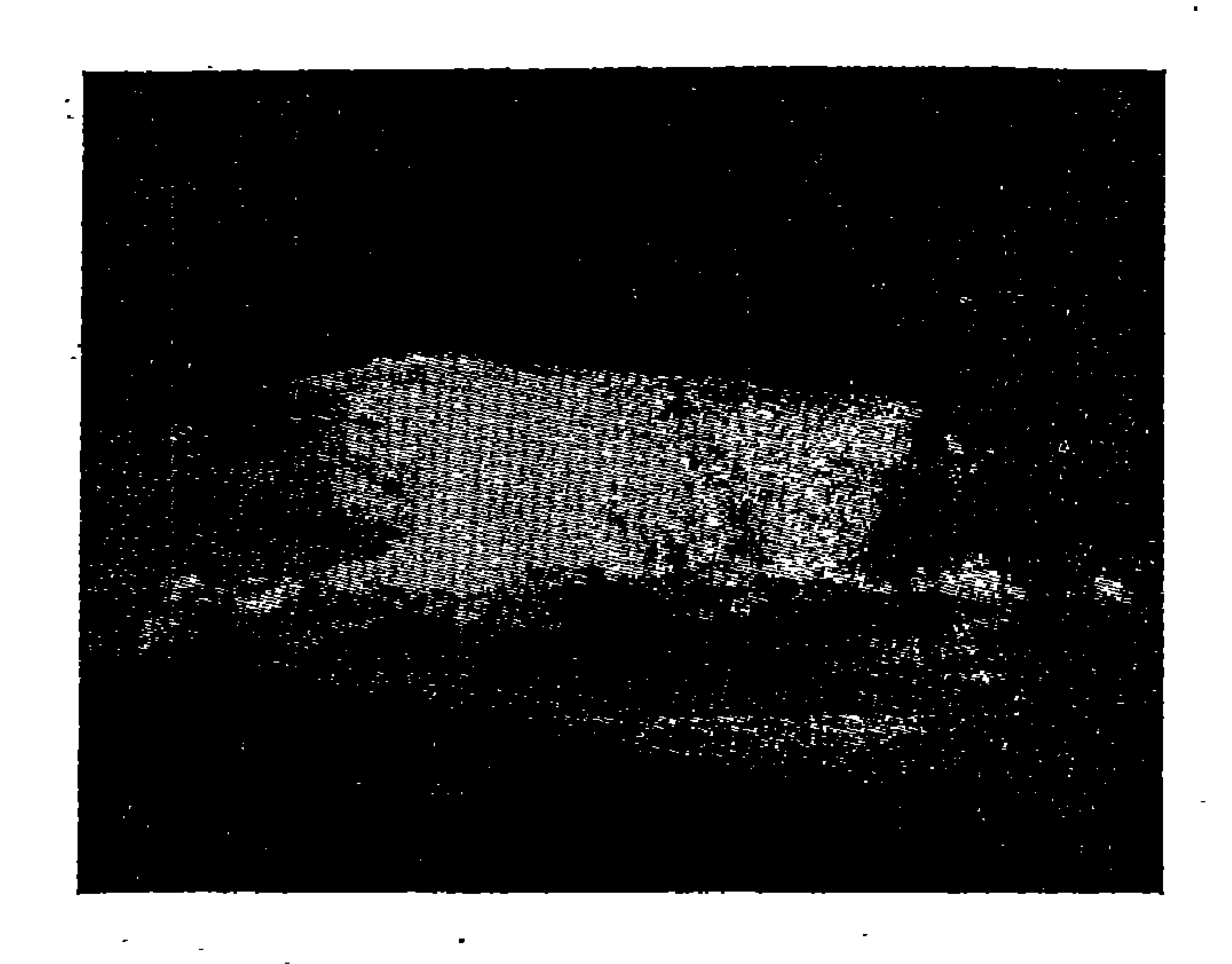
فإنه يطلق عليه اسم « تيار الحمل » لأنه يحمل الأهوية التى تحتوى على مزيد من الحرارة والأبخرة إلى طبقات عالية .

وعندما يصعد الهواء الرطب إلى أعلى يبرد وتتكاثف أبخرة المياه التى فيه بالبرودة ، وتتحول إلى نقط من الماء أو بلورات من الثلج تكون السحب والأمطار ، بينما تنطلق الحرارة الكامنة للبخر فى تلك المناطق العالية التى تتكون فيها السحب فتزيد من طاقتها اللازمة لإحداث النشاط الجوى ، ويمكن أن تنتقل هذه الطاقة بعد ذلك إلى كثير من بقاع الأرض بواسطة تيارات الهواء أو دورة الرياح الممثلة فى شكل (١) . وأعم أسباب تيارات الحمل صعود الهواء الساخن الرطب فوق أهوية أبرد أو على قمم الجبال ، وعندما تتوفر أبخرة المياه وتنطلق الحرارة الكامنة



(شكل ١) دورة الرياح العامة

للبخر منها يستمر الهواء الصاعد فى الارتفاع بعنف وتلك هى مقدمات عواصف الرعد والمطر الغزير كما فى شكل (٢) .



(شكل ٢) ابتداء تكوين عاصفة الرعد

وقد قدر فست ، العالم الجرمانى ، أن متوسط ما يكسبه الجو من الطاقة بعمليات التكاثف هذه يعادل نحو ٠٨٦, ٠ سعر لكل سنتيمتر مربع فى الدقيقة ، وهذه القيمة تعادل نحو ٦,٢ × ١٠^٢٠ سعر فى اليوم الكامل لجو الأرض بأسره ، أو نحو ٢ × ١٠^٢٣ سعر فى المتوسط للعام ، وهى كمية من

الطاقة تكفى لإحداث سائر ظواهر الجو المعروفة ولدفع الرياح فى دورتها العامة . ولما كان البخر إنما يبلغ أشده وعنفوانه فى المناطق الحارة فإنه من الطبيعى أن يكتسب الجزء الأكبر من هذه الطاقة من المحيطات فى المناطق الحارة .

وقد وجد المؤلف بالقياس والحساب أن متوسط ما يكتسبه الجو من الطاقة فى عمليات البخر من سطح شرق البحر المتوسط فى منطقة المياه المصرية يعادل فى العام الكامل نحو ٣٨٨٠٠ شعر لكل سنتيمتر مربع ، أى نحو ٠,٠٧٥ سعر لكل سنتيمتر مربع فى الدقيقة الواحدة ، وهى قيمة تقل قليلا عن المتوسط العام لسطح الأرض الذى حسبه فست ، وذلك لأن أكبر كميات البخر إنما تحدث فوق المحيطات . والآن وقد أخذنا فكرة سليمة عن مقادير الطاقة التى تمد بها الطبيعة جو الأرض لتوليد النشاط فيه يجدر بنا أن نعرف شيئاً عن التغيرات أو التقلبات الجوية .

كيف يتغير الجو فى مكان معين

تتكون طبقات الهواء التى نعيش فيها (إلى ارتفاع نحو ١٥ كيلومتراً) من عدد وفير من الأهوية ، أو ما يسميه العلميون الكتل الهوائية ، المختلفة الصفات والطبيعة من حيث الحرارة والرطوبة والسحب ونحوها . وقد أمكن فعلا تقسيم جو الأرض السفلى إلى مجموعات مميزة من الأهوية أطلق على كل منها اسم كتلة هوائية ، والمقصود منها جزء ضخم من الجو السفلى له صفات طبيعية معينة ، وتتجانس بين أرجائه درجات الحرارة والرطوبة والسحب إلى حد كبير .

والمهيمن على تولد هذه الكتل الهوائية وتميزها بخواص طبيعية معينة هو طول مكث كل منها فى مصدر رئيسى معين . والمقصود بالمصدر الرئيسى جزء متسع من سطح الأرض — سواء اليابس منه أو الماء — تتجانس أجزاؤه وتحدده صفات خاصة ، مثل الصحراء الكبرى ومثل سهول سيبيريا ومثل البحر الأبيض المتوسط وهكذا . . . فإن الهواء السائد على كل من هذه البقاع مدة كافية لا يلبث أن يكتسب صفاتها ويتحلى

بمميزاتها خلال الطبقات السطحية على الأقل ، وخاصة من حيث درجة الحرارة والرطوبة وكميات الأتربة العالقة ونحوها من الصفات البارزة ، وبذلك يصبح لكل مصدر رئيسى كتله الهوائية الخاصة .

وعندما تزاح هذه الكتل أو تنتقل بتأثير دورات الرياح من مصادرها إلى بقاع أخرى تحمل معها خواصها ، ورغم أنه قد يعترى بعض أجزائها شيء من التبديل أو التحوير أثناء تحركها ، وخاصة عند سطح الأرض مباشرة ، إلا أن الجزء الأكبر منها ، ولا سيما الطبقات البعيدة نوعاً عن سطح الأرض ، يظل حافظاً لخصائصه الأصلية . ويمكن تقسيم كتل الهواء الجوى تبعاً لمصادرها إلى قسمين رئيسيين هما : (١) الكتل القطبية ، ومصدرها المناطق القطبية ثم (٢) الكتل الاستوائية ، ومصدرها المناطق الحارة . كما يمكن أيضاً تقسيم كل من القسمين المذكورين إلى فرعين تبعاً لطبيعة أو نوع سطح المصدر الرئيسى ، بمعنى أنه إما أن تكون الكتلة الهوائية « بحرية » ، وهى ما كان سطح مصدرها من الماء ، وإما أن تكون الكتلة الهوائية « قارية » ، وهى ما كان سطح مصدرها يابساً . ويبين الجدول الأقسام الرئيسية لكتل الهواء وأهم صفاتها المميزة .

العنصر الجوى	قطبى		استوائى	
	قارى	بحرى	قارى	بحرى
درجة الحرارة	منخفضة جداً	منخفضة	مرتفعة جداً	مرتفعة
الرطوبة	منخفضة	متوسطة	منخفضة جداً	مرتفعة جداً
كمية الغبار	منخفضة	منخفضة جداً	عالية جداً	متوسطة
المطـــر	—	رخات	—	رذاذ أو مطر متواصل
الرياح (فى نصف الكرة الشمالى)	شمالية	شمالية عادة	جنوبية عادة	جنوبية عادة

ويتغير الجو فى أى مكان من وقت لآخر غالباً لمجرد إحلال كتلة الهواء السائدة عليه بأخرى تبعاً لدورة الرياح . فقد يكون الجو فى يوم من أيام ربيع مصر حارا مرهقاً لأن كتلة من الهواء القارى الاستوائى تسود البلاد مقبلة من السودان أو من جزيرة العرب أو من الصحراء الكبرى ، ثم يعقب ذلك يوم بارد منعش يمتد تأثيره من شمال الوادى إلى جنوبه تدريجيا بسبب إزاحة الكتلة الحارة وحلول أخرى باردة منعشة وممطرة أحياناً من منطقة البحر المتوسط أو من أوروبا . والمعروف أن جو مصر لا تعتريه تغيرات ملموسة خلال الصيف ، وعلة ذلك تجانس الكتل الهوائية التى تهب عليه طوال هذا الموسم

إلى حد كبير ، فيما عدا بعض الفوارق الصغيرة نسبيا فى درجات الحرارة والرطوبة .

ولكل إقليم أجواؤه الخاصة على مدار السنة ، ولهذه الأجواء اليد العليا فى توزيع عالمى الحيوان والنبات على الأرض . وقد استطاع الإنسان بوعيه وسعة حيلته أن يذلل كثيراً من العوائق الجوية وأن يستوطن بذلك مناطق من الأرض ما كان فى مقدوره أن يقيم فيها لولا علمه ، وأول ما استخدم الإنسان فى سبيل ذلك كان باتخاذه المساكن التى تقيه شر القيظ والزمهرير على السواء ، ثم اتخاذه وسائل الدفء المختلفة من نار ودثار . ورغم ذلك فإن سلطان الجو ما برح معقود اللواء على أهل الأرض ، فهو الذى يجبرهم على الأخذ بغذاء أو لباس خاص تبعاً للحالة الجوية . وإلى تأثير الجو واختلافه يرجع السبب المباشر لتنوع أجناس البشر واختلاف ألوانهم وسحنهم ، فبصرف النظر عن الجنس الأصفر الذى يسكن المناطق الممتدة من القطب الشمالى إلى جزر الملايو عند خط الاستواء ، نجد أن هناك فروقاً ظاهرة بين الإسكيمو الذين يعيشون فى ثلوج القطب والشعوب البيضاء التى تستهدف لهبوب رياح المناطق المعتدلة الممطرة والعرب السمر المنتشرين من حوض البحر المتوسط إلى صحارى الرياح التجارية الجافة والأجناس

السوداء المتغلغلة فى الغابات الاستوائية ، والأقزام عموماً ، سواء منهم من يعيش بين ثلوج القطب أو فى ظلال الغابات ، يرجع قصر أجسامهم إلى ندرة وصول أشعة الشمس إليهم .

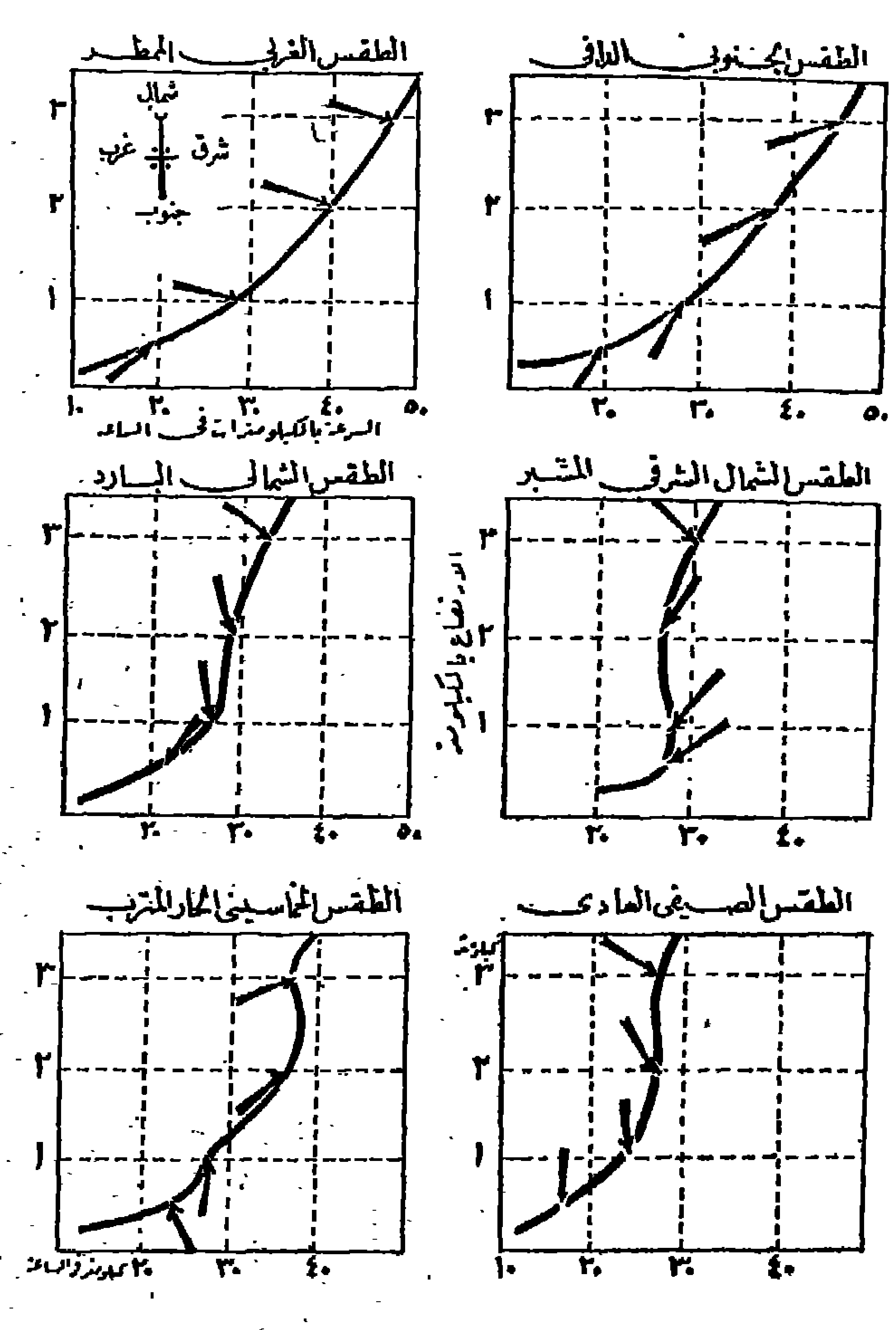
وللجو تأثيره الملموس على طبائع البشر وعاداتهم ، فمثلا الأجواء الباردة المتقلبة تولد النشاط وتدفع الناس إلى العمل ، بينما المناخ الاستوائى يدعو إلى الكسل وخصوصاً إذا توفر الرزق وكثر ، ودنت قطوف الشجر ! ويعتبر بعض العلماء أصلح الأجواء للإنسان وأكثرها موافقة له ليبلغ الإنتاج البشرى حده الأعلى ما تراوحت فيه الحرارة بين ١٥ و ٢٥ درجة سنتيجراد مع رطوبة متوسطة أو حتى مرتفعة قليلا بحيث تكون الرياح معتدلة والشمس ساطعة . ومثل هذا الجو هو المناخ المثالى الذى ينشط الإنسان وتقل فيه الأمراض ، ومن أمثلة هذه البقاع تقريباً شمال مصر من أكتوبر إلى مارس باستثناء فترات البرد ثم الخماسين أو الرياح القبلية ، ومن أروع الأمثلة زيلندة الجديدة ثم ساحل كاليفورنيا حيث الربيع دائم ، ويحلم بعض العلماء فى الحصول على مثل هذا الجو فى كثير من البقاع المحلية باستخدام الطاقة الذرية فى بقاع أخرى . . . وهذا الموضوع من أهم مواد الدراسة الحديثة .

وفى العادة لا ينجح المهاجرون فى هجرتهم ولا يستقر لهم

مقام إلا إذا كانت هجرتهم إلى مناطق لها أجواء تشابه أجواء الأقاليم التى نزحوا منها . فسكان إسبانيا مثلا ينجحون فى البرازيل وفى الأرجنتين ، بينما يعانى الأوروبيون كثيراً من الصعوبات فى أفريقيا . والرجل الأبيض عموماً لا يستطيع استعمار المناطق الحارة بسهولة ، وهو فيها لا يصبح كسولا فحسب بل ينخفض مستوى نشاطه أحياناً عن السكان الأصليين!

مجمل القول أن قد استتب جو كل إقليم فى الأرض على وتيرة خاصة* اعتادها أهل هذا الإقليم على مر السنين ، فإذا تغيرت هذه الوتيرة ، أو جدت عليها ظاهرة جوية غير مألوفة ، يعتبر هذا ولا شك أعجوبة من الأعاجيب أو نوعاً من شواذ الجو التى يعزوها العلم إلى تدخل عامل غريب غير معروف فى جو الأرض . ويبين شكل (٣) أهم معالم الجو فى مصر الوسطى — منطقة القاهرة — وكتل الهواء ممثلة باتجاهات الرياح على مدار السنة ، غير أن الطبيعة قد تسوق بعض الحالات الشاذة التى تثير الاهتمام كثيراً إذا عمت وخصوصاً هذه الحالات فى جو الأرض بأسره .

* يعبر عن ذلك علميا بكلمة مناخ ، وقوامه متوسطات عناصر الجو فى الإقليم لمدة طويلة ، مثل متوسطات درجة الحرارة والرطوبة وإشعاع الشمس والرياح والأمطار والسحب . . .

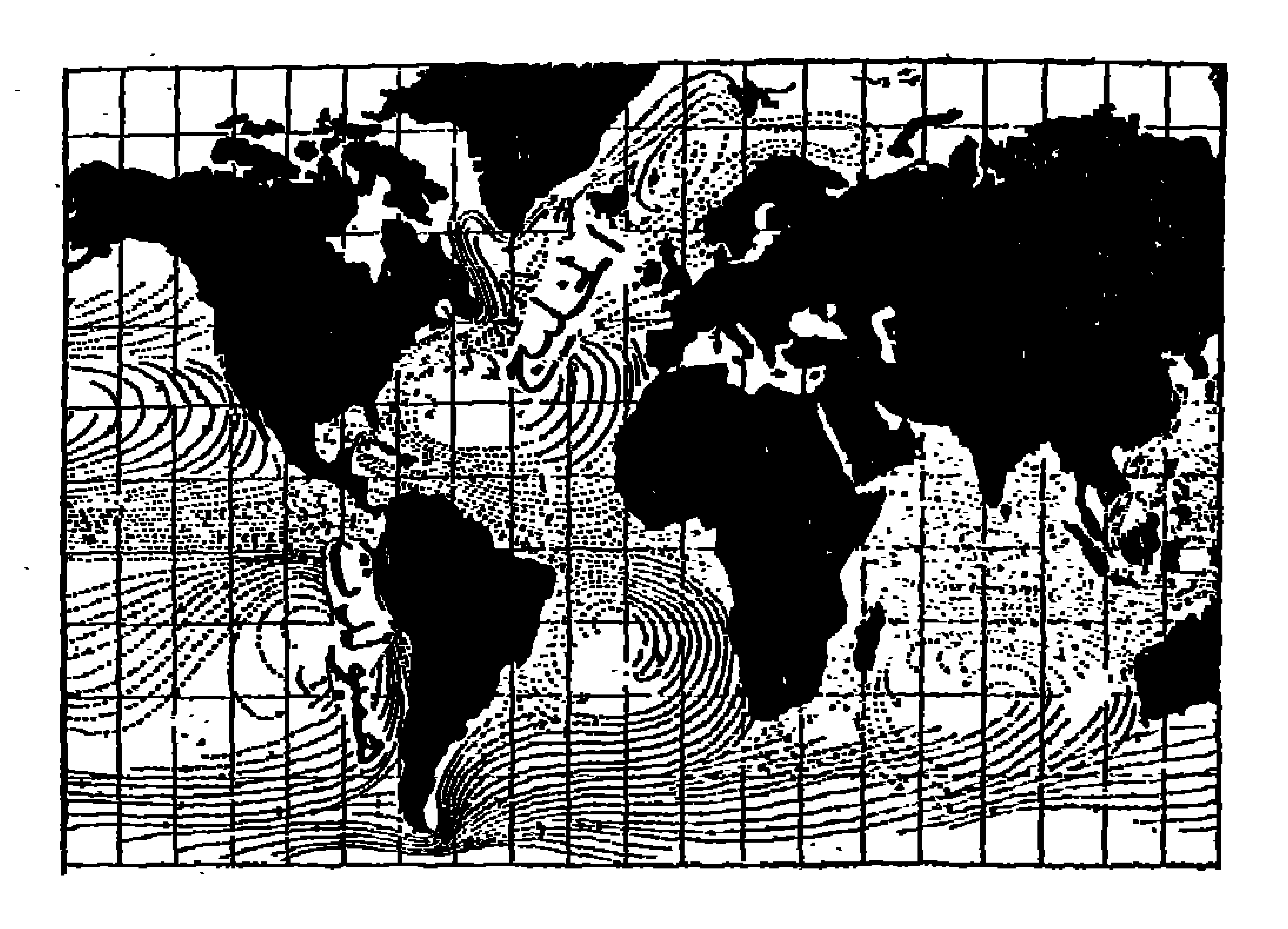


(شكل ٣) اتجاهات الرياح ومتوسطات سرعتها لمنطقة القاهرة

أمثلة من الطبيعة نفسها

لم تحرمنا الطبيعة أيضاً ، وهى معلمنا الأول ، من بعض الأمثلة الرائعة فى الشذوذ الجوى لأسباب معروفة طارئة ، فقد حدثت تغيرات فجائية وغير عادية فى جو بعض البقاع لمجرد اختلافات طرأت فى تيارات مياه المحيطات ، فمن المعروف أن مياه البحار والمحيطات السطحية تتحرك فى صورة تيارات تتبع فى سيرها نظاماً يشابه نظام التيارات الهوائية على الأرض إلى حد كبير . وتقوم هذه التيارات المائية بتوصيل الحرارة التى تكتسبها المحيطات من الإشعاع الشمسى فى أماكن وفرتها وغزارتها بين المدارين إلى أماكن شحتها قرب القطبين ، كما تقوم تيارات أخرى بتوصيل برودة القطبين إلى المناطق الدافئة . ومن أشهر التيارات المائية الدافئة تيار الخليج الذى يتم دورته فى شمال الأطلسى ويجلب معه الدفء الجميل إلى أوروبا والنرويج . ومن التيارات الباردة تيار همبولدت الجنوبى الذى يجرى بمحاذاة

الساحل الغربى لأمريكا الجنوبية ويجلب معه البرودة إلى أقصى الشمال — راجع شكل (٤) الذى يمثل جانباً من



شكل (٤) التيارات المائية

التيارات المائية العامة — ولما كان حجم معين من الماء إذا ارتفعت درجة حرارته درجة واحدة يحتاج من الطاقة الحرارية ما يعادل ٣٠٠٠ ضعف ما يحتاجه حجم مكافئ له من الهواء لترتفع درجة حرارته درجة واحدة أيضاً ، فإننا نتوقع أن مثل هذه التيارات عندما تجود بجزء صغير من حرارتها يكفى ذلك الجزء

لرفع درجة حرارة كميات وفيرة جدا من الهواء .

ويسبب تيار الهمبولدت البارد برودة الجو وجفافه أو انعدام الأمطار تقريباً فى الجزء الغربى من شاطئ بيرو وشمال شيلى . وقد توقف هذا التيار عن سيره فى شهر مارس عام ١٩٢٥ لسبب غير مفهوم ، فارتفعت فجأة درجة حرارة ماء البحر عن معدلها بما زاد على ٥ درجات سنتجراد ، وكثر البخر وتغيرت أحوال الجو تغيراً عجيباً لم يألفه أهل تلك البقاع ، وتكونت السحب الثقال وانهمرت منها الأمطار بغزارة ، ودهش الأهالى لسماع هدير الرعد الذى لم يسبق أن سمعوه من قبل !! وقد اكتسحت السيول التى صحبت المطر الغزير مدينة كلاو من أعمال الأرجنتين ، كما بلغت كمية الهطول ٢٢٥ ملليمتراً فى يوم واحد ، وهو رقم كبير يفوق حد الخيال لمثل تلك الأرجاء ، بل ولأغلب بقاع الأرض المطيرة !

وفى العادة يرجع سبب كثرة الأمطار أو ندرتها وتباين توزيعها على طول العام فى البلاد المختلفة إلى عوامل كثيرة أهمها :

١ — نظام الدورة العامة للرياح .

٢ — التباين بين درجة حرارة المكان ودرجة حرارة الجهة التى تمده بالرياح .

٣ — الارتفاع عن سطح البحر ، أو المجاورة للجبال أو للبحار .

٤ — تعرض المكان لهبوب الرياح الممطرة ، أو الرطبة عموماً .

٥ — توفر نويات التكاثف ، وسيأتى تفصيلها لأنها هى التى تهمنا من بين كل هذه العوامل .

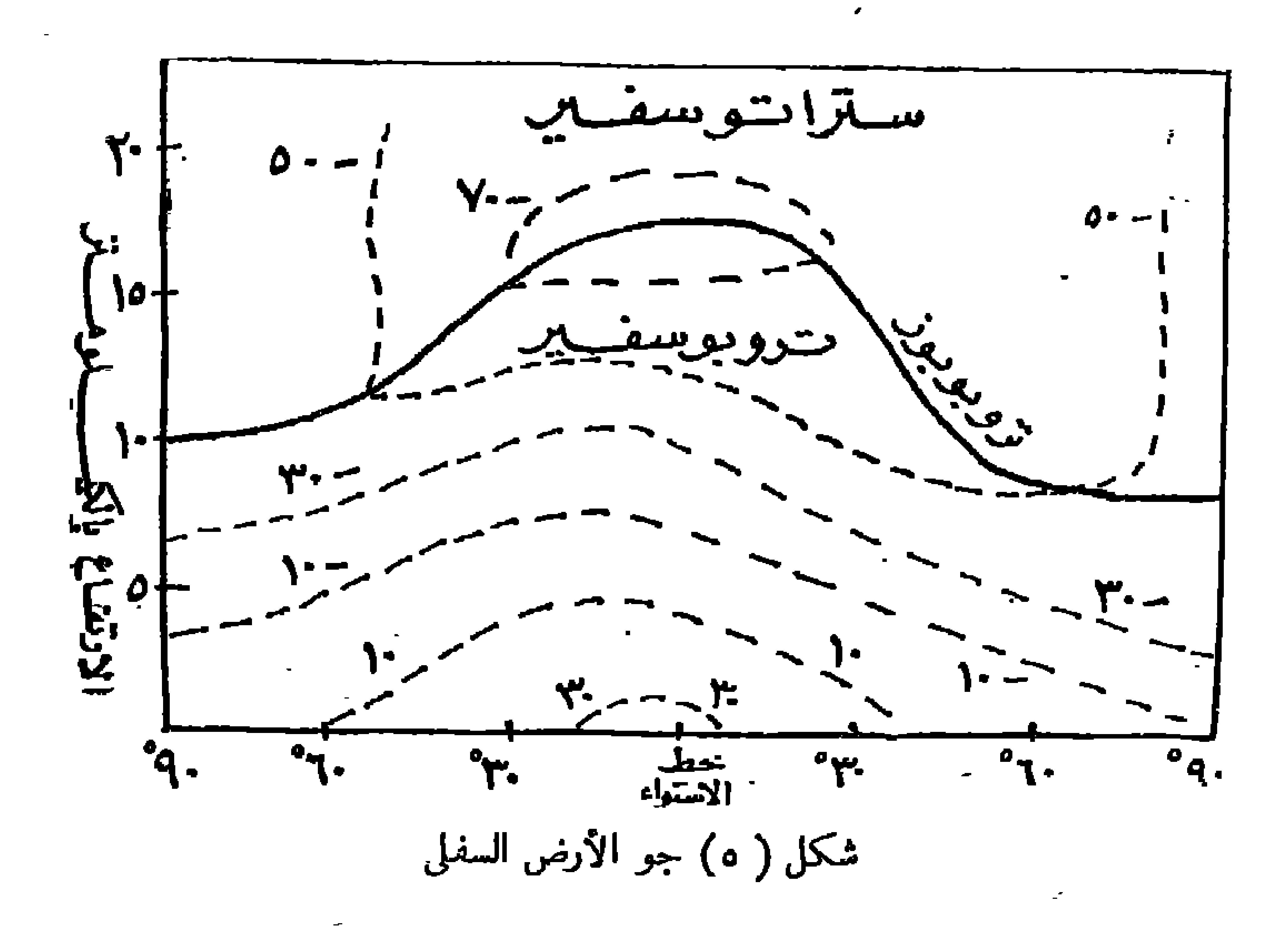
والمثال الثانى الذى ساقته الطبيعة ولكن فى قالب مختلف هو ما تبع انفجار بركان كراكتوا فى ٣٠ يونيو عام ١٩٠٨ من سيول وفيضانات عقب أمطار غزيرة عمت كثيراً من أرجاء الأرض . ولقد أضاف ذلك البركان إلى الجو من الطاقة والرماد كميات عظيمة غير عادية فى هذا العصر .

ومن المعروف أن الطبيعة نفسها لا تبقى جو أى إقليم على وتيرة واحدة أبد الدهر ، بل إن العادة أن يتذبذب الجو بمدى واسع يبلغ عشرات أو حتى مئات السنين ، وقد لوحظ أن بعض هذه الذبذبات يتمشى مع دورات النشاط الشمسى أو البقع الشمسية ، وهى دومات هائلة جدا تظهر على سطح الشمس ، وتكثر فى بعض السنين وتقل فى أخرى . ومهما يكن من شىء فإن هذه التغيرات الدورية فى جو الأرض إنما تتبع فى أغلب الأحيان التغيرات الطارئة فى قيمة الثابت الشمسى ، أى فى حدود

من الطاقة لا تتعدى التغيرات المرصودة فى قيم الإشعاع التى ذكرناها . وهناك إلى جانب التغيرات الدورية المنتظمة تغيرات أخرى غير دورية لا رابط لها ولا منظم ، ولا يمكن تحديد أزمانها أو أسبابها ، رغم أن منها ما قد يكون فى غاية الأهمية أحياناً . ومثل هذا « الشذوذ الجوى كما يسميه البعض » يدخل فى نطاق الإحصاء الجوى أو حساب المتوسطات الجوية ، إلا أنه من القلة وندرة الحدوث بحيث لا يؤثر كثيراً أو قليلا على تلك المتوسطات .

طبقات الجو

يمتد جو أرضنا إلى علو يزيد على ١٠٠٠ كيلومتر ، وفى الواقع لا يمكن تحديد الارتفاع الذى ينعدم عنده الهواء الجوى تماماً ، ولهذا لا يمكن تحديد ارتفاع قمة الجو ، ولكن الذى يهمنا من هذا الموضوع هو الجو السفلى الذى يمتد من سطح الأرض إلى ارتفاع نحو ٨٠ كيلومتراً — وهو ارتفاع يفوق بكثير ارتفاع الطبقات التى يمكن أن يتسرب إليها أو ينتشر فيها الغبار الذرى — وينقسم هذا الجو السفلى بطبيعة تكوينه وتبعاً لتوزيع عناصر الجو فيه إلى طبقتين يفصلهما سطح وهمى ، وتسمى الطبقة السفلى باسم التروپوسفير — شكل (٥) — وهى موطن العواصف وتقلبات الجو كلها ، ومنطقة تكوين أهم السحب وأعمها ، ومنها ينزل المطر والبرد والثلج ، وهى مهد تغيرات الحرارة والرياح ، وفيها تثار الرمال والأتربة ونحوها . . . وتسمى الطبقة العليا باسم الستراتوسفير أو الطخرورية ، وفيها ينساب الهواء فى مسالكه انسياباً حرا طليقاً ، وهى وإن كانت تستجيب بعض الشىء لما يحدث



شكل (٥) جو الأرض السفلى

من تقلبات جوية فى طبقة التروپوسفير ، وخاصة من حيث شفافيتها لإمكان تسرب أبخرة المياه والأتربة إليها من أسفل ، إلا أنها ليست موطناً للعواصف ولا مصدراً لها . وتبلغ كثافة الأوزون فيها أقصاها كما يتكون فيها سحاب خاص مرتفع يظهر عادة بعد الغروب يعرف لدى المشتغلين بالرصد الجوى باسم سحاب اللؤلؤ .

وفى العادة تنخفض درجة الحرارة مع الارتفاع فى الجو خلال طبقة التروپوسفير حتى تصل إلى السطح الوهمى الفاصل

بينها وبين طبقة الستراتوسفير ، ويطلق عليه اسم التروپوپوز، حيث تثبت درجة الحرارة أو تزداد مع الارتفاع : ولهذا يعرف البعض التروپوپوز بأنه المستوى الذى تصل إليه درجة الحرارة أقل قيمة لها فى الجو . ويختلف ارتفاعه كما فى شكل (٥) من نحو ٩ كيلومترات عند القطبين إلى نحو ١٨ كيلو متراً عند خط الاستواء ، أى أى طبقة التروبوسفير يزداد سمكها من نحو ٩ كيلومترت عند القطبين إلى نحو ١٨ كيلو متراً عند خط الاستواء .

وعندما يخترق الغبار الذرى سطح التروپوپوز يضيف إلى طبقة الستراتوسفير كميات وفيرة من الذرات الدقيقة التى يمكن أن تظل سابحة سنين عديدة . وفيما يلى بيان بسرعة تساقط ذرات* الغبار المختلف الحجوم وهو يهبط بتأثير جذب الأرض ، بفرض أن الهواء لا يتحرك وأن مادة الغبار لا تعدو صخور الأرض العادية ، وبديهى أن الذرات التى تقل أنصاف أقطارها عن ١,٠ ميكرون تكاد لا تسقط وتظل تسبح مدة طويلة ، إلا إذا تدخلت عوامل أخرى وعملت على إسقاطها إلى

---

* محسوبة من معادلة ستوكس بعد تنقيح مناسب للضغط ومجال جذب الأرض .

سطح الأرض . ومهما يكن من شيء فإن هذا الجدول يعطينا فكرة واضحة عن سرعة تساقط المطر الذرى المختلف الحجوم، كما يبين أن من مكونات هذا المطر ما قد يستغرق هطوله عدة سنين .

نصف القطر (ميكرون)	سرعة التساقط (سنتيمتر فى الثانية)	سرعة التساقط (متر فى اليوم)
٠,١	٠,٠٠٠٧	٠,٦
٠,٥	٠,٠٠٩٥	٣,٢
١,٠	٠,٠٣٤٦	٣٠,—
٢,٥	٠,٢٠٣٥	١٧٦,—
٥,٠	٠, ٧٩٧	٦٩٠,—

الغبار الجوى

الغبار الجوى هو مجموعة الحبيبات أو الجسيمات الصغيرة الصلبة المنتشرة فى الهواء ، سواء كان أصلها معدنيا (من صخور الأرض والسماوات ومعادنهما) أو حيوانيا أو نباتياً (من بقايا الأحياء) . وتختلف درجة تركيز الغبار الجوى — أو عدد الجسيمات العالقة فى كل سنتيمتر مكعب واحد من الهواء — ومتوسط حجمه وطبيعته اختلافاً كبيراً بتغير الزمان والمكان ، أو بتغير الكتل الهوائية ، وتصل درجة التركيز أدناها فى كتل الهواء القطبية عموماً حيث لا تتعدى عدة حبيبات لكل سنتيمتر مكعب من الهواء العادى ، كما تصل أكبر قيمة لها فى الهواء الاستوائى القارى ، وقد تربو على عشرات الآلاف ومئاتها فى زوابع التراب والرمال فى المناطق الصحراوية عموماً . وأهم مصادر الغبار الجوى فى هذا العصر هى :

١ — المساحيق والرمال الدقيقة التى تثيرها الرياح من الصحارى والوديان ونحوها .

٢ — حبيبات أصلها حيوانى أو نباتى ، وخاصة من المناطق

المنزرعة أو من الغابات أو حتى من شواطئ البحار .

٣ ــ ما ينتج من احتراق النيازك والشهب فى أعالى الجو . وتتحول أغلب مادة هذه الأجسام إلى رماد بسبب الحرارات العالية التى تتولد من جراء احتكاكها بالهواء وهى تندفع فيه بسرعة عظيمة .

٤ ــ ما تقذفه البراكين من جوفها من أتربة ورماد وجسيمات مفتته أو فى صورة أبخرة وغازات .

٥ ــ الأتربة والرماد الذرى الناتج من تجارب الأسلحة الذرية أو الانشطار النووى عموماً .

وتتميز الأسلحة الذرية والبراكين بأن فى مقدورها أحياناً أن تقذف بالرماد إلى ارتفاعات شاهقة قد تزيد على ٢٠ كيلومتراً ، وبذلك يدخل الغبار إلى طبقة الستراتوسفير ويظل يتساقط منها ببطء شديد ، وقد تحجز هذه الأتربة كثيراً من الإشعاعات الشمسية وتمنعها من الوصول إلى سطح الأرض . والمعتقد أن وفرة البراكين فى القدم وكثرة ما أثارته من رماد وأتربة فى جو الأرض كان هو السبب فى ظهور عصور البرد المعروفة بالعصور الجليدية المتتالية كلما نشطت تلك البراكين .

وفى عصرنا الحاضر تكون الصحارى أهم مصادر الغبار

الجوى الطبيعى ، وكثيراً ما تجرف الرياح العابرة الرمال والأتربة من هذه المناطق وتحملها آلاف الكيلومترات قبل أن تترسب فى أماكن نائية . وقد يتساقط هذا الغبار مع الأمطار فيكسبها اللون البنى أو الأحمر . وتجرف زوابع الرمال من صحارى شمال أفريقيا عموماً عشرات الملايين من أطنان الرمال كل عام وتقذف بها إلى البحر الأبيض المتوسط وأوروبا ، وقد تصل هذه الأتربة شمالا إلى مناطق بحر البلطيق وبحر الشمال .

وقد أجرى المؤلف بمعرفته ، توطئة لدراسة الموضوع الذى نحن بصدده ، عدة قياسات للغبار الجوى فى مصر بأجهزة خاصة خلال الأعوام ١٩٥١ ــ ١٩٥٥ ، وذلك لتحديد حجمه ودرجات تركيزه ونوعه . وقد قسمت الأجواء المحتوية على غبار وأتربة بدرجة ملحوظة إلى ثلاثة أقسام هى :

١ ــ الشابورة الترابية ، وقوامها شوائب قليلة التركيز صغيرة الحجم تسبق الأجواء الساخنة وتميزها ؛ وفيها متوسط قطر الحبيبة نصف ميكرون ودرجة التركيز بين ١٥٠ و ٢٠٠ حبيبة لكل سنتيمتر مكعب من الهواء .

٢ ــ الرمال المثارة (وهى التى تصحب الرياح الشديدة) ، فإن من أهم آثار الرياح الشديدة فى مناطقنا الصحراوية إثارة

الرمال ، وفيها متوسط قطر الحبيبة ١,٣ ميكرون ودرجة التركيز بين ٢٥٠ و ٣٠٠ حبيبة لكل سنتيمتر مكعب من الهواء .

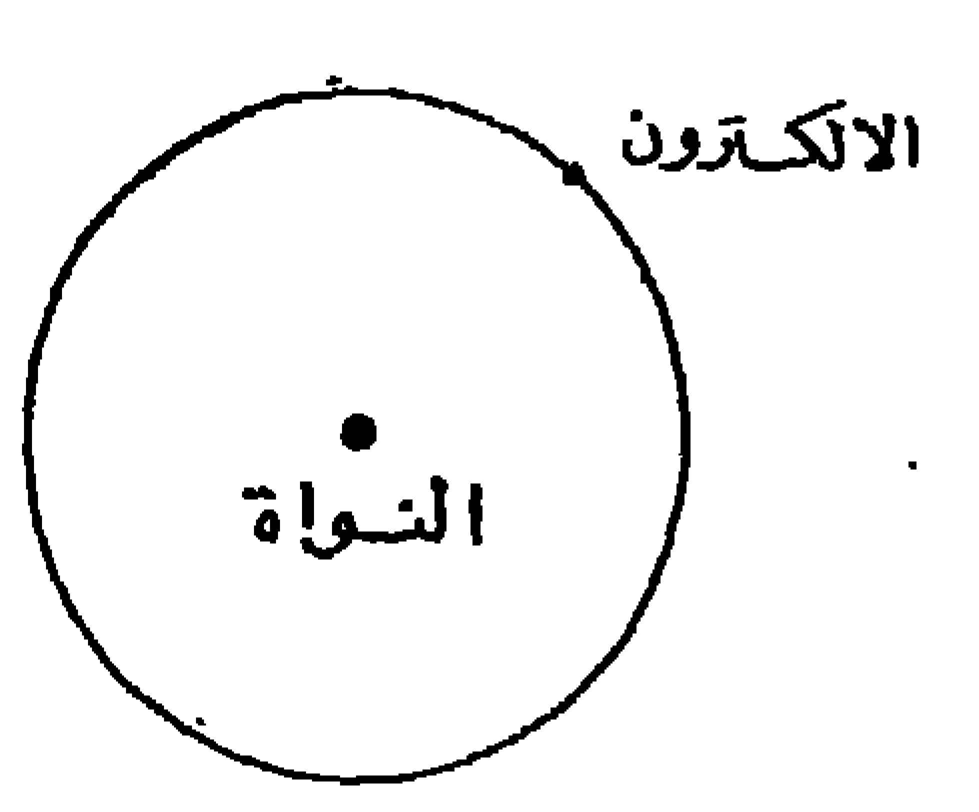
٣ — عواصف التراب (وخلالها يهبط مدى الرؤية إلى أقل من ١٠٠٠ متر وقد يصل إلى عدة أمتار فقط) ، وفيها متوسط قطر الحبيبة ٣ ميكرون ودرجة التركيز بين ٤٠٠ و ٥٠٠ حبيبة للسنتيمتر المكعب من الهواء . وقد تزداد درجة التركيز عن ذلك كثيراً فى حالات العواصف الشديدة فتصل إلى ١٠٠٠٠ وأكثر . ويعطى شكل (٦) بعض الأشكال الطبيعية للغبار الجوى كما يبدو تحت المجهر . وتمثل المجموعة (ا) ذرات الشابورة الترابية ، والمجموعة (ب) ذرات الرمال المثارة أما المجموعة (حـ) فهى تعطى السواد الأعظم من ذرات الغبار الجوى فى حالات العواصف .

شكل (٦) ذرات الغبار الجوى المختلف الحجوم

عود إلى صميم الذرة

من الجلى والواضح أن أهم ما طرأ على جو الأرض فى هذا العصر هو إضافة الغبار الذرى إليه ، وقوامه مجموعات لا حصر لها من الدقائق المشعة المختلفة الحجم والصفات ، منها ما يرجع أساسه إلى سلسلة الانشطارات الذرية فى مادة القنبلة نفسها ، ومنها أتربة يثيرها الانفجار من قشرة الأرض ، أو أتربة كانت تعلق فى الهواء بطبيعتها ثم اكتسبت خاصية الإشعاع باندماجها فى عملية التفجير واختلاطها بالذرات والإشعاعات أثناء التجربة .

وأبسط الذرات تركيباً ذرة الإيدروجين ، إذ تتكون من نواة يدور من حولها كهرب سالب هو الألكترون كما فى شكل (٧). يظل فى فلكه تحت قوة جذب النواة له . ويبلغ نصف قطر هذا الفلك من ١٠ آلاف إلى ١٠٠ ألف ضعف نصف قطر كل من



شكل (٧) ذرة إيدروجين
مكبرة مئات ملايين المرات .

الألكترون أو النواة على السواء . وهناك تركيبات للمواد المختلفة أكثر تعقيداً من ذلك بكثير ، من حيث عدد الكهارب وتركيب النواة . . . ولكن الصفة المشتركة هى أن عدد الشحنات السالبة (الألكترونات) يساوى الشحنة الموجبة فى النواة بحيث إن مجموع الشحنات الكهربائية لمكونات الذرة يساوى صفراً .

ومن الجائز والممكن أن يفصل كهرب أو أكثر من الذرة ، فتنقسم بذلك إلى جزءين أحدهما سالب التكهرب والآخر موجبه ويطلق عليها اسم الأيونات ، وأبسط الأيونات الموجبة بطبيعة الحال هى نواة الأيدروجين ، وتسمى العملية كلها عملية التأين . وأعم الأجهزة التى يتم فيها التأين وأقربها إلى مخيلاتنا اللافتات الكهربائية ، وهى تلك الأنابيب المخلخلة والمستخدمة فى الإعلانات ، مثل أنابيب النيون وينتج الوهج من تصادم الكهارب السالبة المتحركة بسرعة بذرات الغاز الذى بالأنبوبة ، ويسبب هذا التصادم مع بعض ذرات الغاز إضافة طاقة إليها تنطلق فى صورة ضوء هو الوهج ، أما الذرات الأخرى فإنها تتأين ، أى تتحول إلى مركبات كهربائية كما سبق .

وليست الذرات هى أصغر الأجزاء التى يمكن أن تنقسم إليها المواد المختلفة وهى محتفظة بكافة خصائصها ، بل إن

أصغر أجزاء المادة التى نعرفها والتى يمكن أن نراها بوضوح تحت المجهر أو الميكرسكوب يتكون من عدد وفير من لبنات صغيرة هى وحدات المادة وتسمى الجزئيات ، فأصغر نقط الماء مثلا يتكون من عدد لا يقل عن ١٠٠ جزىء من الماء . وما الجزىء بدوره إلا مجموعة من الذرات المتماسكة بقوى يمكن أن يطلق عليها اسم القوى الكيمائية ، ذلك لأنه يمكن أن تفصل هذه الذرات بالطرق الكيمائية فقط ، كما أنها يمكن أن تبنى بنفس الطرق لتكون المركبات الكيميائية والمخاليط ونحوها . وما القوى أو الطاقات الكيميائية ببعيدة عن متناول أيدينا فنحن نستغلها كل يوم فى عمليات الاحتراق المختلفة ، وهى تستغل أيضاً فى الحروب ممثلة فى تفجير البارود والديناميت .

ولعل أول فكرة للتعبير عن الطاقة كانت تلك التى استخدمها العلماء لتقدير مجالات الجاذبية ، كالتعبير عن الطاقة اللازمة لرفع كتلة معينة من مستوى إلى آخر ، ثم لزم التعبير عن طاقة الحركة والطاقة الكهربائية والطاقة الحرارية . . . ثم الطاقة الذرية .

وتتحول أغلب هذه الطاقات إلى بعضها البعض ، فمثلا التيار الكهربائى الذى يمثل الطاقة الكهربائية التى يمكن أن تصعق الأجسام الحية أو تحرقها حرقاً عند مرورها فيها ،

يمكن أن تتحول إلى طاقة ضوئية تبدد ظلمات الليل باستخدام المصابيح الكهربائية ، كما يمكن أن نحولها إلى طاقة حركة باستخدام المحركات الكهربائية (الموتور) ، أو إلى طاقة حرارية فى الغلايات والسخانات الكهربائية . . . وهكذا . وهناك وحدات للطاقة تستخدم فى قياسها أو تقديرها ، تماماً كما أن هناك مثلا وحدات لتقدير الأزمان أو الأوزان ونحوها ، كلها اخترعها الإنسان واتخذها سبيلا لتعبيراته العلمية * .

---

* الطاقة على أى وجه من وجوهها أو أى صورة من صورها لا يمكن استحداثها أو إعدامها ، ولكن يمكن تحويلها من صورة إلى أخرى . وعلى ذلك فالطاقة تمثل القوة المخزونة التى تمكن أن تؤدى بها الأعمال أو نقضى بها الأشغال ، فمثلا إذا رفعنا جسما كتلته ك جرام فى مجال جذب الأرض الذى تمثله فى الثانية العجلة حـ سنتيمتر فى الثانية خلال الارتفاع ع سنتيمتر يكون :

الشغل الميكانيكى المبذول أو الطاقة المبذولة = القوة المحركة × المسافة = ك . حـ . ع وحدة شغل ، وقد أطلق على هذه الوحدة اسم أرج ، وعليه يكون الأرج كما تعرفه المعادلة السابقة هو الشغل المبذول عندما تكون كل من ك ، حـ ، ع تساوى الواحد الصحيح .

والشغل الميكانيكى الذى يلزم بذله لإحداث سعر واحد من الحرارة ثبت بالتجربة أنه يعادل أو يكافىء ٤,٢ × ١٠^٧ أرج ، وتساوى هذه القيمة أيضاً ٤,٢ وحدة أكبر يقال لها جول .

وكل نحو ٦١٠ سعر حرارى تعادل كمية من الكهرباء قدرها كيلووات فى الساعة ، ويبلغ ثمن الكيلووات ساعة عند تقدير حساب الاستهلاك الكهربائى فى إنارة المنازل نحو ٢٥ أو ٣٠ مليما فى المتوسط .

ويلوح أن أول من بحث عن المواد المشعة هو هـ . بكرل عام ١٨٩٦ ، ثم ثبت أن هذه المواد تؤين الهواء وتؤثر على الألواح الفوتوغرافية ، كما أنها تنبعث منها طاقات حرارية ولها تأثيرات كيميائية . والسبب الحقيقى فى مثل هذه التأثيرات ليس هو مجرد وجود المواد المشعة ، ولكن هو تحول الوسط المادى إلى مواد أخرى أقل منها فى الطاقة الوضعية لذراتها ، وفى بعض الأحيان عندما تعود الذرة الجديدة إلى حالة الاستقرار تطلق إشعاعاً كهربائيا له طاقة كبيرة وتحصل بواسطته على بعض الظواهر ، ويتكون الإشعاع الناشئ من انحلال النواة من ثلاث فصائل لكل فصيلة مميزاتها الخاصة هى :

١ ــ أشعة ألفا : وهى تنفذ بضع سنتيمترات فى الهواء ، أو بضع أجزاء من الألف جزء من السنتيمتر خلال الألومنيوم ، وبعدها تنعدم قدرتها على إحداث التأين ــ ومكونات هذه الأشعة عبارة عن نواة ذرة الهليوم تتحرك بسرعة تقدر بنحو $\frac{١}{٣٠}$ من سرعة الضوء (أى نحو عشرة آلاف كيلومتر فى الثانية) .

٢ ــ أشعة بيتا : وهى أكثر نفاذاً من سابقتها ، وتختلف قدرتها على النفاذ باختلاف المواد المولدة لها ، وهى عبارة عن كهارب تخرج بسرعات تقرب من سرعة الضوء .

٣ ــ أشعة جاما : هى أكثر الإشعاعات نفاذاً ، وهى

طاقة أثيرية على غرار الضوء والأشعة فوق البنفسجية إلا أن أطوال موجاتها قصيرة جدا، تتراوح بين $١٠^{-٨}$ إلى $١٠^{-١٢}$ من السنتيمتر .

وفى عام ١٩٣٤ وجدت ابنة مدام كورى أن مادة الألومينيوم أو الماجنيزيوم ــ وهما عنصران لا يشعان وليس لهما نشاط إشعاعى ــ اكتسبت خاصية الإشعاع بعد تعرضها لأشعة ألفا الصادرة من مادة البولونيوم المشع ، وخرج منها أشعة محملة بالكهربائية الموجبة ، ولذا سمى الجسيم المكون لوحدة هذه الأشعة (البوزترون) وهو الألكترون موجب التكهرب !

وكان المعروف قبل هذا الكشف أنه إذا تعرضت مادة البيليريوم لأشعة ألفا المنبعثة من الراديوم فإن البيليريوم يصبح مادة مشعة تشع جسيمات غير مكهربة ولكن وزنها كوزن نواة الأيدروجين ، وقد أطلق عليها اسم (نيوترونات) . وحيث إن هذه الجسيمات غير مشحونة فإنها أكثر نفاذاً فى الأجسام من غيرها من الجسيمات المشحونة لعدم إعاقة الحركة .

وفى غضون عام ١٩٣٩ ثبت بالتجربة أنه لو تعرضت مادة اليورانيوم لهذه النيوترونات انشطرت أو انفلقت ذرات معينة من اليورانيوم كل ذرة إلى ذرتين صغيرتين تحمل كل واحدة منهما طاقة كبيرة ، والذرة الناتجة الصغيرة لكبر طاقتها

الكامنة تطلق نيوترونات تؤثر على بعض ما جاورها من ذرات اليورانيوم فتشطرها أو تفلقها . . . وهكذا تستمر بل تتضاعف سلسلة الانشطار بينما تنطلق طاقة من الإشعاع والحرارة تفوق حد الوصف .

وفى الواقع وجد أن التفاعل السابق لا يتم كما وصفناه إلا إذا تعرضت المادة إلى مصدر دائم من النيوترونات ، أما إذا عزلت عن هذا المصدر فإن التفاعل غالباً ما يتوقف من تلقاء نفسه فى الحال إلا إذا بلغ حجم مادة اليورانيوم قدراً معيناً (يعادل وزنه بضعة كيلوجرامات) ، فإذا توفر هذا القدر وبدأ الانشطار ثم أبعد مصدر النيوترونات يستمر الانشطار أو التفاعل نتيجة للتسلسل سابق الذكر ، ويظل منطلقاً بقوة هائلة وعنف عظيم جدا حتى يأتى على آخر المادة . وهذا القدر أو الحجم وما يتبعه من سلسلة التفاعل هو أساس القنبلة الذرية . والمفهوم أنه يجهز هذا الحجم من اليوارنيوم على نصفين لا يلتقيان ليكونا الحجم اللازم إلا عند إطلاق القنبلة من عقالها حتى يؤمن جانبها . ومثل هذه القنابل يمكن أن تغطى من الطاقة ما تعادل عدة آلاف الأطنان من الديناميت .

أما الفكرة فى القنبلة الأيدروجنية ونحوها مما هو أشد فتكاً وتدميراً فهى استخدام كميات أعظم من المادة لتنتهى فى سلسلة

إفنائها بتوليد مقادير أعظم من الطاقة والحرارة . أما المادة فهى غالباً أيدريد الليثيوم (أى الليثيوم والأيدروجين) ، وهى تحتاج لإشعالها إلى درجات عالية جدا من الحرارة ، لا تتوفر عمليا إلا بشعلة ذرية من النوع السابق شرحه . وميزة هذه القنابل أو هذا السلاح إمكان إطلاق طاقات لا قبل لأهل الأرض بها ، تصل إلى آلاف أضعاف الطاقة التى تصحب انفجار القنبلة الذرية . وكثيراً ما يطلق العلماء على هذه القنابل التى لا تبقى ولا تذر اسم « القنابل الحرارية النووية » أو ذوات ملايين الأطنان (ميجاطن) من الديناميت ، أما القنابل الذرية فقد يسمونها ذوات الكيلوطن !

حول الإشعاع الذرى

منذ سنين عديدة ، فى فجر العصر الذرى ، والبحوث تجرى فى كثير من بقاع الأرض للوقوف على مدى أضرار الإشعاع والغبار الذرى ، وشملت هذه البحوث والدراسات أهم برامج لجان الطاقة الذرية فى بعض الأمم ، كما تخصص لها بعض العلماء من المشتغلين بعلوم الحياة وا لجوفكرسوا أنفسهم للوقوف على مدى تأثير هذه العوامل الفتاكة على الأرض وما عليها من أحياء .

واهتمت الشعوب كلها بهذه الدراسات وتطلعت إلى نتائجها ، وكان يثيرها من آن لآخر تلك السلسلة من التجارب التى تجريها بعض الدول بدعوى اختبار الأسلحة الذرية ، ولفترة من الزمن انصب البحث على آثار الإشعاعات الفتاكة والغبار الذرى على عالمى الأحياء من حيوان ونبات ، ثم تناول التأثير على الجو ، ورغم أنه خلال هـــذه الدراسات تم تحليل كميات وفيرة من تربة الأرض والماء والمطر وعينات عديدة من النبات والحيوان والأغذية المختلفة وأنسجة كثير

من أجسام البشر من مختلف بقاع الأرض ، إلا أن هذه البحوث لم يعرها الجمهور من الانتباه ذلك القدر الذى أعاره لتقلبات الجو فى السنين الأخيرة ، ولهذا لم يتم نشرها مفصلة . وتدل القرائن تماماً على أن جميع هذه المسائل تستحق الكثير من العناية والاهتمام ، وعلى أن هناك بعض الإشعاعات لا تزال غامضة التأثير والتكوين .

وسنرى كيف يتوقف مدى انتشار الغبار الذرى ومعدل تساقطه من الجو إلى الأرض إلى حد كبير على نوع السلاح الذرى الذى يجرب ، وعلى طبيعة مكان إجراء التجربة وبعد الانفجار عن سطح الأرض . وعلى ذلك فإن نتائج كل تجربة تجرى وما يتبعها من إشعاعات وغبار وحرارات وأمواج تنتشر فى جو الأرض كلها عمليات تختلف من حالة إلى أخرى . وعلى وجه العموم من الغبار الذرى ما يتساقط سريعاً ومحليا بسبب حجومه وأوزانه الكبيرة ، ومنه ما يتساقط مع المطر على أبعاد نائية من مكان التجربة ، كما أن منه ما قد يدخل طبقة الستراتوسفير ويبقى عالقاً فى الجو سنين عديدة ، ومنه ما يثير النشاط الإشعاعى فى غبار الجو العادى .

ويشمل النوعان الثانى والثالث أهم أنواع الغبار الذى عندما يتساقط ينجم عنه ترسب عدة عناصر مشعة فوق أغلب

سطح الأرض ، ومن هذه العناصر سترانشيوم ٩٠ ، الذى يعرف عنه أنه إذا تواجد بكميات كافية يمكن أن يسبب الأورام الخبيثة والسرطان وأمراض الدم والأعضاب المستعصية ، كما أنه قد يؤثر على الوراثة . ومهما يكن من شيء فإن هناك عناصر أخرى مشعة ثبت تأثيرها القوى على الوراثة ! . . . ويقال إن جيلا من الحشرات والميكروبات ثم الفيروسات* الفتاكة فى طريقه إلى الظهور وتثبيت أقدامه على سطح الأرض وفى جوها من جراء ذلك أيضاً !!! وعلى رأسها جميعاً الأنفلونزا !

وبينما نجد أن الإشعاعات الذرية يمكن أن تحدث تغييرات جوهرية فى الجنس (وفى الخلايا الحاملة لخواص الوراثة ونحوها) فإنه يبدو أنه فى الأحوال العادية تتواجد أغلب هذه الأسباب خارج نطاق تأثير الإشعاعات . وقد وجد أن السترانشيوم ذو النشاط الإشعاعى له ميل خاص للاستقرار فى عظام الأحياء ويسبب تأثيره السام القوى الإصابة بالأنيميا والسرطان بأنواعه ، إلا أنه ضعيف التأثير على الخلايا الوراثية . وهناك عوامل طبيعية تعمل على تقليل كميات هذه المادة الخطرة ، كما أن الجسم البشرى لا يمتص أكثر من $\frac{١}{١٢}$ إلى $\frac{١}{٣٠}$ من

---

* ذرات لا ترى بالمجهر ، ما بين المادة الحية وغير الحية ، منها مجموعات كيميائية معقدة يساعد النشاط الذرى على تكوينها .

السترانشيوم الذرى الذى ترسب فى التربة ، ويمكن للماء الذى يجرى على بعد عدة سنتيمترات تحت سطح الأرض أن يكون خالياً من هذه المادة تماماً .

وهناك حالات جوية خاصة تتميز بطبيعتها بإمكان توفر الغبار الذرى فيها وعظم تركيز النشاط الإشعاعى بها عند إجراء التجارب ، أو لمجرد تسرب الإشعاعات الذرية إليها ، وأهم هذه الحالات الأجواء المتربة ، مثل الشابورة والرمال المثارة والعواصف الترابية ، فالغبار الجوى معرض لحمل الإشعاع الذرى ، ويمكن أن تلتصق به النويات المشعة . وما الغبار الذرى نفسه كما قلنا إلا مجموعة ضخمة معقدة من الجسيمات المشعة المختلفة فى هيئة ذرات وسحب ورماد وأبخرة سابحة ، تشترك فى تكوينها كافة الأجسام الداخلة فى صنع الجهاز النووى المتفجر ، وما يحيط به أو ما يجاوره من مادة عند انطلاقه . ولهذا السبب تعتبر الأجواء المتربة عموماً من أسوأ وأخطر الأجواء المحلية لإنشاء الوحدات الذرية .

وتوصف الوحدات الذرية بأنها ينحصر فيها الإشعاع الذرى فى حيز معين ، ولا ينطلق حرا كما فى تجارب الأسلحة الذرية . وعندما لا يتعدى انتشار الإشعاع الذرى حيزاً معيناً باستخدام الحواجز الخاصة فإن تأثيره ينحصر فى هذا الحيز أو ما يجاوره مباشرة ، أما إذا تسرب الإشعاع إلى الجو أو المياه

أو سطح الأرض بطريقة من الطرق أو لسبب من الأسباب ، فإن احتمالات تأثر الأحياء بهذه الإشعاعات تمتد إلى مسافات كبيرة ، ولما كان الجو المحلى ومكوناته أكثر الأوساط الناقلة للإشعاع من حيث الحركة ، وفى استطاعته نقل الإشعاعات بسرعة وتوزيعها على مساحات واسعة ، فإن الدراسة الجوية التى ترتبط بهذا الموضوع من الأهمية بمكان وترتبط ارتباطاً تاماً بالمسائل المتعلقة بالصحة وسلامة السكان .

وقد تكون المواد المتسربة فى هيئة غاز ، أو ذرات صغيرة مختلفة الأحجام ، كما أنها قد تتسرب إلى الجو باستمرار فى صورة إضافات صغيرة ، أو قد تنطلق بكميات هائلة نتيجة انفجار مفاجئ . وأحياناً تتسرب المواد المشعة فى درجات عالية من الحرارة ، وترتفع إلى مئات الأمتار قبل أن يتم انتشارها فى الجو ، فتكون أشبه شىء بالسحابة الذرية أو الانخفاض الذرى .

ومن اللازم تحديد الخواص الطبيعية للمواد المشعة المتسربة قبل أن يتم موضوع بحث تناثرها وانتشارها فى الجو ، كما أنه يجب أيضاً أن نعرف حجوم الذرات المنطلقة ، ويدخل فى إتمام هذه الدراسات قياس التوزيع الرأسى لدرجة الحرارة والرياح والتغيرات اليومية التى تطرأ عليها ، حتى يمكن معرفة

مدى الحركة غير الانسيابية ونشاطها المحلى . وكلما زادت سرعة الرياح كلما تبع ذلك ازدياد سرعة الانتشار فى الجو وتوزيع المواد المشعة على مساحات واسعة نسبياً ، فيقل تركيزها.

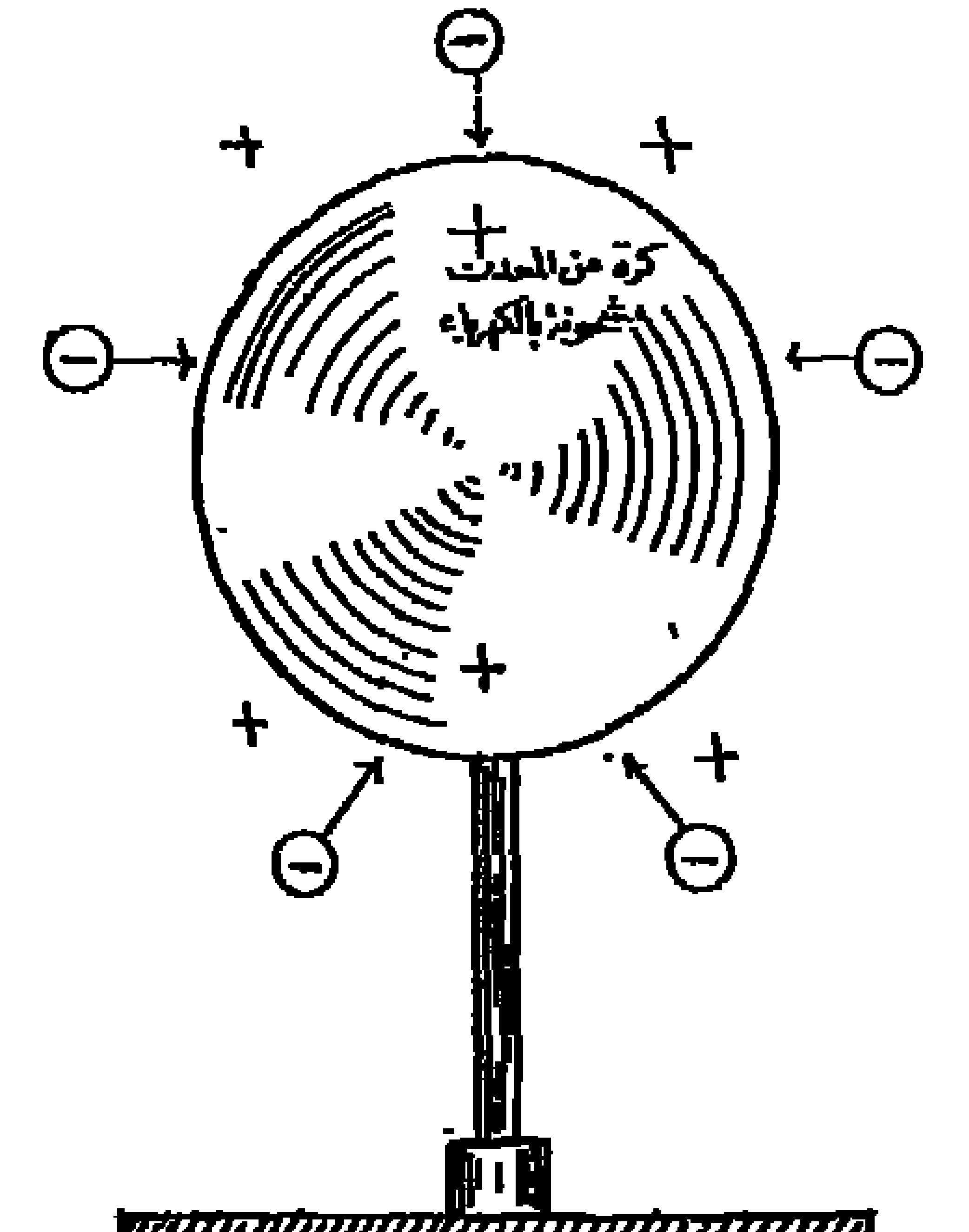
وعلى العموم يمكن أن نلمس أنه حيث تتركز الإشعاعات الذرية تكون معرفة سرعة الرياح واتجاهها من الأهمية بمكان ، ولهذا السبب يلزم دائماً تحديد أو وضع الافتراضات المختلفة التى تثيرها مسائل الرياح والغبار الجوى والنشاط الإشعاعى . ويدخل فى هذه الدراسات موضوع الكتل الهوائية المحلية وخصائصها وخاصة من حيث الرطوبة وكميات الأتربة العالقة بها واتجاهات تحركاتها إلى غير ذلك من الدراسات الجوية التى تتعلق بالوحدات الذرية والتى لا غنى عنها فى تأمين حياة السكان والبلاد عند إنشاء هذه الوحدات .

وقد دلت البحوث والتحليلات على أن الجرعات التى خصت عظام الأطفال من إشعاعات السترانشيوم المشع فى الوقت الحاضر — فجر العصر الذرى — تعادل أو لا تزيد عما ينتج من زيادة الإشعاع فى الطبيعة على ارتفاع ١٠٠ متر أو نحو ٣٠٠ قدم بالنسبة لقيمتها عند سطح البحر ، أو نحو $\frac{1}{16}$ من جرعة الإشعاع الطبيعى على ارتفاع ١٧٠٠ متر أو نحو ٥٠٠٠ قدم ، فمن المعروف أن النشاط الإشعاعى فى الجو

يوجد لأسباب طبيعية وأنه يزداد بالارتفاع عن سطح الأرض . وتعادل الإضافات الصناعية من جراء التجارب الذرية فى المتوسط حتى الآن نحو $\frac{١}{٢٠٠}$ أو أكثر بقليل من الجرعة المقدرة لحدوث الخطر الحقيقى .

الأشعة الكونية والتأين الطبيعى فى الجو

فى عام ١٨٩٩ أعلن ولسون العالم الإنجليزى ثم ألستر وجيته العالمان الألمانيان اكتشافاً عد خطيراً فى ذلك الوقت ، فقدوجدواأن جوالأرض بطبيعته ، أو من تلقاء نفسه ، يمكن أن يعد فى حالة تأين ، إلا أن درجة التأين هذه صغيرة وتختلف باختلاف الزمان والمكان ، وخاصة باختلاف الارتفاع فوق سطح البحر . وفى العادة يكفى التأين الطبيعى فى الجو « أو عدد الجسيمات المشحونة بالكهربائية السالبة أو الموجبة التى تتولد فيه »



شكل (٨) كرة من النحاس معزولة ومشحونة بالكهربائية الموجبة تجذب إليها الكهارب السالبة التى تسبب تعادلها تدريجيا

لتفـــريغ أو معادلة شحنة كهربائية لجسم معزول بمعدل نحو ٥٪ فى الدقيقة من الشحنة العالقة عليه، أى أن الشحنة التى تفرغ فعلا تقل كلما نقصت شحنة الجسم المعزول ، ويمثل شكل (٨) هذه الظاهرة بفرض أن شحنة الجسم موجبة .

ومنذ ذلك الوقت بدأت البحوث حول هذا الموضوع فى أوروبا عامة وفى ألمانيا خاصة ، وانصب الاهتمام على قياس قيمة التأين ومدى التغيرات اليومية والسنوية فى هذه القيمة ، ولكن ظل سبب التأين فى الجو والتفسير العلمى له غير واضح ولا جلى ، وقامت عدة افتراضات أهمها :

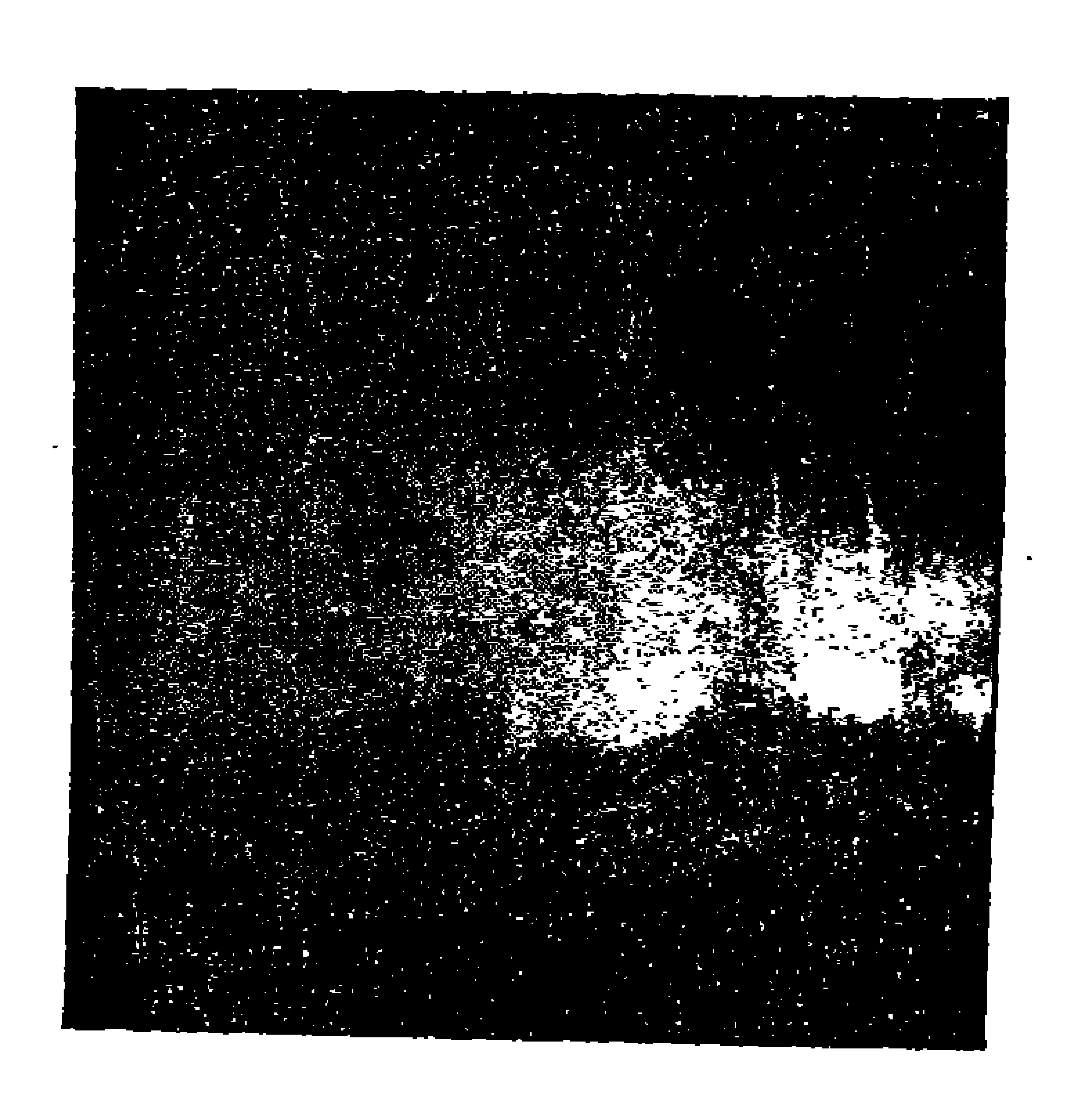
١ ــ إمكان قيام مواد الصخور المشعة الموجودة فى القشرة الأرضية بهذه المهمة ، ولكن لم يكن خافياً أن كميات هذه المواد لا يمكن أن تكفى لإنجاز التأين المشاهد فى الجو .

٢ ــ كان من المعروف أن الغازات الملتهبة يمكن أن تتأين ، فساد الاعتقاد أو الرأى القائل بأن الأيونات التى تشاهد فى جو الأرض هى مجرد أيونات متخلفة فى درجات حرارة طبقات الجو العادية، وأنها بذلك تزداد بازدياد درجة الحرارة .

٣ ــ كان من المعروف أن أشعة إكس أو الأشعة فوق البنفسجية يمكن أن تقوم بهذه المهمة وتفسر لنا الظاهرة ولو فى حدود معينة ، ولكن الشمس لا ترسل أشعة إكس بالمعنى

المعروف ، كما أن التأثيرات المختلفة لإشعاعاتها وطاقاتها التى ترسلها كل يوم كانت مجالا كبيراً للشكوك .

٤ — قدمت بعض التقارير التى قالت بأن التفريغات الكهربائية فى الجو المخلخل (أى المفرغ) المتأين العلوى التى تسبب ظاهرة الفجر القطبي أو الأورورا — شكل (٩) — كانت تصل إلى سطح الأرض فى خطوط العرض الكبيرة ، ولهذا اعتقد بعض العلماء أن التأين المشاهد فى الطبقات السطحية من الجو يمكن أن يعزى سببه إلى نفس أسباب التأين فى الجو



شكل (٩) أحد أشكال الفجر القطبي أو التفريغ الكهربائى فى الجو العلوى المخلخل المتأين (قوس من الأشعة الخضراء تتدلى منه ستائر قرمزية)

العلوى ، وإن نشاط الأورورا أو الفجر القطبي معناه ازدياد التاين فى طبقات الجو القريبة من سطح الأرض .

ولكى يدرس العلماء التأثيرات المباشرة لنشاط الفجر القطبي ثم للطاقة الشمسية شرعوا فى أخذ أرصادهم فى مناطق القطب الشمالى ، حيث يرى الفجر القطبي وحيث يدوم ضياء الشمس زهاء ستة أشهر متتالية فى فصل الصيف ثم يختفى وراء الأفق زهاء ستة أشهر أخرى فى الشتاء ، وبذلك سهلت المقارنة بين كميات التأين لمعرفة مدى تأثير تلك العوامل .

ولكى يحددوا تأثير درجات الحرارة على عمليات التأين فى الجو عملت قياسات لمعدل التأين فى كثير من بلدان أوروبا فى نفس الوقت الذى كانت تؤخذ فيه الأرصاد عند القطب ، ثم قارنوا بين كميات الأيونات التى تواجدت فى درجات الحرارة المنخفضة بالقرب من القطب مع مثيلاتها التى تواجدت فى درجات الحرارة المرتفعة نسبيا فى أوروبا ، ومن ثم أمكن إعداد معلومات ونتائج فى غاية الوضوح ، وأعلنوا أنه ليس لضوء الشمس ولا لدرجات حرارة الهواء ولا للفجر القطبي وملابساته أى تأثير على التأين فى الجو !

وبفضل عمليات الرصد العديدة هذه أمكن الجزم أيضاً بأن هناك فى المتوسط معامل ثابت يكاد فى المتوسط لا يتغير للتأين فى الجو ، وأن التغير فى قيمة هذه المعامل يتوقف على

مدى نشاط عملية اتحاد الأيونات الموجبة بالسالبة مرة أخرى ، وهذه العملية بدورها تتوقف على درجة شفافية الهواء أو خلوه من الشوائب ، وأهمها الأتربة والرمال المثارة . وعلى كل حال فإن عدد الأيونات التى تبقى فعلا فى الهواء هى محصلة عدد الأيونات التى تتولد فى الثانية وعدد الأيونات التى تتحد وتعود إلى جزئيات هواء عادية فى نفس الوقت ، كما أن ازدياد أو نقص معدل تولد الأيونات يتوقف على نشاط أو خمول السبب المباشر لعملية التأين فى الجو .

ومن النتائج التى توصل إليها أثناء البحث والتنقيب أن الهواء الآتى من بقاع يابسة يحتوى على كميات من المواد المشعة رغم صغرها قد تعادل أحياناً عشرة أمثال ما تحتوية كتل الهواء المقبل من البحر ، وهذا بطبيعة الحال لما تضيفه القشرة اليابسة إلى الهواء من المواد المشعة ، ولكن هواء البحر ما برح يحتوى على نسبة معينة أيضاً !

وأهم عناصر قشرة الأرض ذات النشاط الإشعاعى عنصر الراديوم ثم عنصر الثوريوم ، وينطلق منهما على التوالى نتيجة الانشطار الذرى غاز (الرادون) وغاز (الثورون) ، وهى غازات مشعة يمكن تعيين كثافاتها ونسب توزيعها فى الجو عن طريق الأحوال الجوية ، ثم باستخدام وسائل طبيعية ،

فيمكن مثلا جمعها بطرق كهربائية ، وقد قدر أنها تسبب نصف قيمة التأين الذى يشاهد فى طبقات الجو السطحية . وبالرغم من أن التغيرات الطارئة على قيم هذه الغازات حسب تولدها فى الطبيعة فى مكان ما تتوقف على التقلبات الجوية والتغير فى الكتل الهوائية ، فإن العلماء أغفلوا هذه الناحية من البحث لسبب من الأسباب ، ولا يزال الموضوع بكراً ، ولا يزال الباب مفتوحاً على مصراعيه للباحثين ! !

وتقل كميات الرادون سريعاً بالارتفاع عن سطح الأرض ، فتصل إلى نحو نصف قيمتها فقط على بعد نحو ألف متر أو أقل . ولما كان التوزيع الرأسى لهذا الغاز فى أى مكان يتوقف على نشاط الحركة غير الانسيابية للهواء فى هذا المكان ، شأنه فى ذلك شأن سائر عناصر الجو الأخرى ، كما يمكن قياسه بكل دقة ، فإن مثل هذه الأرصاد والدراسات تعلمنا الكثير من خبايا الحركة غير الانسيابية ، كما تتيح لنا فرصة دراسة مواضيع جوية أخرى هامة .

وقد افترض بعض العلماء أن الأيونات ذات النشاط الإشعاعى تعمل فى الجو بمثابة نويات للتكاثف ، أو محطات تتجمع عليها جزئيات بخار الماء العالق فى الهواء لتكون نقطاً من الماء أو بلورات من الثلج داخل السحب ، فهى بذلك

أشبه شيء بالمصائد ! وافترض البعض الآخر أن هذه الأيونات ذات النشاط الإشعاعى لها ميزة قدح الزناد لشحن السحب بالكهربائية الجوية ، ولنمو سائر المكونات نموا ينتهى بتساقطها أو هطولها .

وفى نفس الوقت الذى كانت تجرى فيه هذه البحوث آثر فريق آخر من العلماء المضى فى البحث والتفكير عن مصدر آخر للتأين، فاستخدم إناء مقفل من المعدن جدرانه من صفائح الزنك النقى الخالص الخالى من المواد المشعة ، وعندما يتأين جزىء من الهواء الذى فى الإناء ينتج عن هذا التأين انفصال جسيم موجب التكهرب وآخر سالب التكهرب ، وهكذا تكون الأيونات الناتجة زوجية العدد ، وفى العادة يعبر عن معدل التأين بعدد أزواج الجسيمات الكهربائية التى تتولد فى كل سنتيمتر مكعب فى الثانية ، أى بعد الأيونات مأخوذة زوجاً زوجاً .

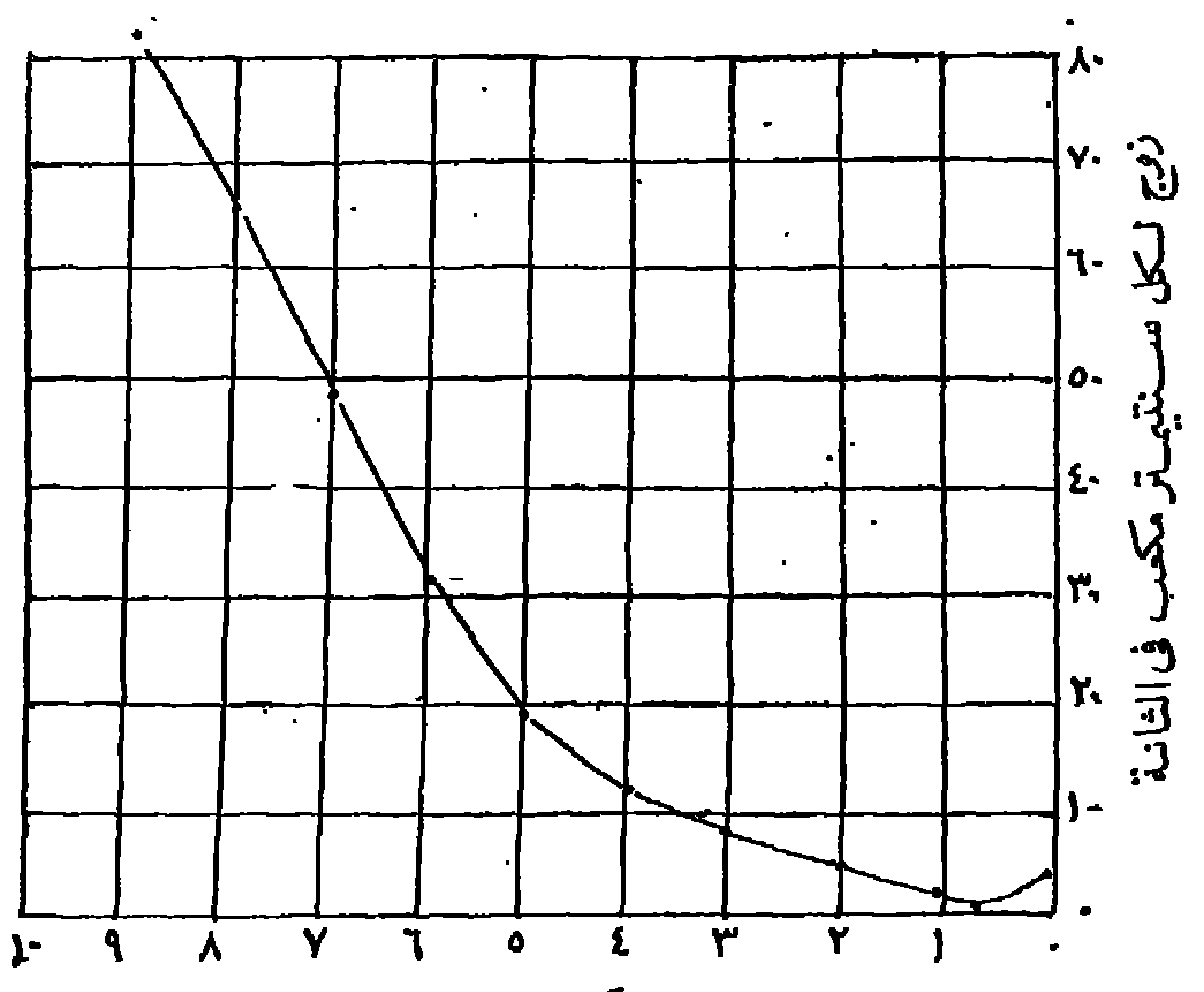
وعندما فحصت محتويات هذا الإناء المقفل أولا بأول وجد أن معدل التأين يتغير قيمته بتغير الزمان والمكان ، واستدل على أن السبب المباشر لعملية التأين فى الجو هو وجود أشعة معينة بعضها يخرج من مادة الأرض بينما يقبل البعض الآخر من الفضاء ، وفى مستطاعها كلها إنجاز عمليات

التأين . وكان من الطبيعى بعد ذلك أن يحاط الإناء بجدران سميكة من المعدن لتمنع تأثير مواد الأرض المشعة ونفاذ أى إشعاع من إشعاعاتها إلى الداخل ، وعندما فحصت محتويات الإناء وجد أن العوامل الخارجية قل تأثيرها جدا ، ولكن ظل التأين قائماً بمعدل صغير جدا ، قدر بأدق الأجهزة وأكثرها حساسية بما يعادل زوجاً واحداً من الأيونات لكل سنتيمتر مكعب فى الثانية عند سطح البحر !

وتم الظفر العلمى وتكشفت الحقيقة عندما درس العلماء التغيرات الطارئة على معدل التأين مع الارتفاع عن سطح البحر ، وقد استخدموا فى سبيل ذلك عدة وسائل ، كان أجريت القياسات على ارتفاعات مختلفة من برج إيفل بباريس (يرتفع إلى أكثر من ٣٠٠ متر) ، كما استخدمت البالونات للوصول إلى ارتفاعات أكبر بكثير ، وجمعت أول إرصاد للبالونات فى الفترة بين ١٩٠٩ و ١٩١١ ميلادية ، ثم عممت ووصلت أرصادها إلى علو زاد على ١٠ كيلومترات ، أما فى هذا العصر فتستخدم الصواريخ التى ترتفع إلى مئات وآلاف الكيلو مترات ، كما تستخدم الأقمار الصناعية* التى تدور

* انظر كتاب (الصعود إلى المريخ) سلسلة اقرأ عدد أكتوبر ١٩٥٧ .

فى فلكها حول الأرض مدة طويلة وعلى أبعاد شاهقة جدا ، وملخص نتائج هذه الأرصاد كلها أن التأين يقل أولا إلى ارتفاع نحو ٧٥٠ ــ ١٠٠٠ متر ثم يأخذ بعد ذلك فى التزايد على النحو الممثل فى شكل (١٠) .



شكل (١٠)

التغير فى معدلات التأين مع الارتفاع فى الجو

ولم تكن تلك النتائج متوقعة ولم تكن لتخطر على بال أحد، وأهم ما دلت عليه أن مواد سطح الأرض وقشرتها التى تتميز

بالنشاط الإشعاعى ليست هى السبب المباشر لتأين جو الأرض، ولكن السبب إنما يوجد فى طبقات الجو العليا ، ويتناقص تأثيره كلما قربنا من سطح الأرض . وعليه استنتج أن تلك الطبقات العليا تمتص نوعاً من الإشعاعات التى تقبل من فضاء الكون الفسيح ويبلغ مدى تأثيرها أضعاف ما لمواد قشرة الأرض المشعة من تأثير .

واحتدم الجدل العلمى حول مصدر هذه الأشعة ، وكثرت التكهنات ، وتعددت النظريات ، وأعيدت التجارب والقياسات فى مشارق الأرض ومغاربها للتأكد من صحة النتائج السابقة ، حتى أيقن العلماء أن الظاهرة كلها ترجع إلى اختراق أشعة فتاكة عظيمة التأثير لطبقات الجو العلوى تقبل من الشمس ومن الفضاء الكونى وسموها (الأشعة الكونية) . ووجد بالقياس أن هذه الأشعة تبلغ شدة نفاذها، أو قيمة أو مدى قدرتها على اختراق الأجسام المادية ، نحو ١٥ مرة بالنسبة لشدة نفاذ إشعاعات مواد قشرة الأرض مجتمعة ، وهى بذلك أشعة فريدة فى نوعها ، ولا يستطيع جو الأرض على عظم سمكه* من امتصاصها كلها بل يصل جزء منها

* يمكن أن يعتبر جو الأرض فى مرتبة طبقة أو حاجز من الزئبق سمكه ٣ أمتار بالنسبة لامتصاص مثل هذه الإشعاعات .

إلى سطح الأرض حيث يسبب التأين بمعدل زوج من الأيونات لكل سنتيمتر مكعب من الهواء فى الثانية على النحو الذى سبق أن ذكرناه .

وتشمل الأشعة الكونية فيما تشمل مجموعة من البروتونات ونويات ذرات الأيدروجين ونويات ذرات بعض العناصر الأخرى التى تتحرك بسرعة خارقة تجعلها تحمل كميات عظيمة جداً من الطاقة ، تصل فى مقاديرها إلى مئات بل آلاف المرات أضعاف الطاقة التى يمكن أن تحملها ما ينطلق من ذرات الأجسام المشعة على الأرض ، وهى بذلك من أكبر القوى الطبيعية التى يمكن أن تحطم ذرات المواد ، ولكن العصر الذرى قلب هذه الأوضاع ، وأصبح الغبار الذرى وما يصحبه من طاقات فى المقام الأول .

طبيعة وكميات الغبار الذرى المترسب

قلنا إن الأسلحة الذرية تولد سحباً وأتربة تصل إلى ارتفاعات تتوقف على مقدار الطاقة المنطلقة ، وعلى طبيعة الوسط الذى يتم فيه الانفجار « مثل الهواء أو القشرة الأرضية أو الماء » . وأغلب الأسلحة التى طاقاتها فى حدود الطاقة المنبعثة من تفجير آلاف أطنان الديناميت يقتصر غبارها على منطقة التروبوسفير ، أما ذوات ملايين الأطنان (المجاطن) فهى من القوة بحيث تستطيع أن ترسل كميات وفيرة من الغبار الذرى إلى طبقة الستراتوسفير . وينتشر الغبار والرماد سريعاً بدورات الرياح كما أنه فى نفس الوقت يأخذ فى الترسب « كمطر ذرى » بطرق مختلفة معقدة وبكميات متباينة . ومن أهم الدراسات والبحوث التى أثيرت فى هذا الشأن المسائل الآتية :

١ — طريقة انتشار الغبار فى الاتجاهين الرأسى والأفقى .

٢ — عوامل ترسب الغبار إلى سطح الأرض ، وأكثر الظروف الملائمة للترسب .

٣ — ترسب الغبـــار من طبقة الستراتوسفير إلى طبقة

التروبوسفير ثم إلى سطح الأرض ، ومعدل هذا الترسب ، خصوصاً وأن من هذا الغبار أنواع يستغرق ترسبها ما يقرب من ١٠ سنوات !

٤ – إزالة الغبار الذرى أو التخلص منه بطريقة من الطرق .

وقد قسم الغبار الذرى من حيث مجرد مجالات ترسبه إلى ثلاثة أنواع هى :

١ – الغبار الذى يتساقط خلال العشرة أو العشرين ساعة التى تلى الانفجار ، وهو بطبيعة الحال غبار حديث التولد عظيم النشاط الإشعاعى ، كما أنه كبير الحجم نسبياً .

٢ – الغبار الذى يترسب خلال المدة الممتدة من عدة أيام إلى عدة أسابيع من تاريخ الانفجار ، ومثل هذا الغبار يمكن أن نطلق عليه اسم « الغبار متوسط العمر » ، ذلك لأنه لا يكون حديث التولد كسابقه وليس هو قديم التكوين بالمعنى الصحيح .

٣ – الغبار القديم ، وهو الذى يبقى عالقاً خلال الفترات الممتدة من عدة شهور إلى عدة سنين ، قد تصل إلى عشرة ، وأغلبه تسببه الانفجارات العنيفة ، كما أنه يتساقط ببطء شديد من أعالى منطقة التروبوسفير أو من منطقة الستراتوسفير كما قلنا .

وأهم العوامل الطبيعية التى تعمل دائبة من تلقاء نفسها

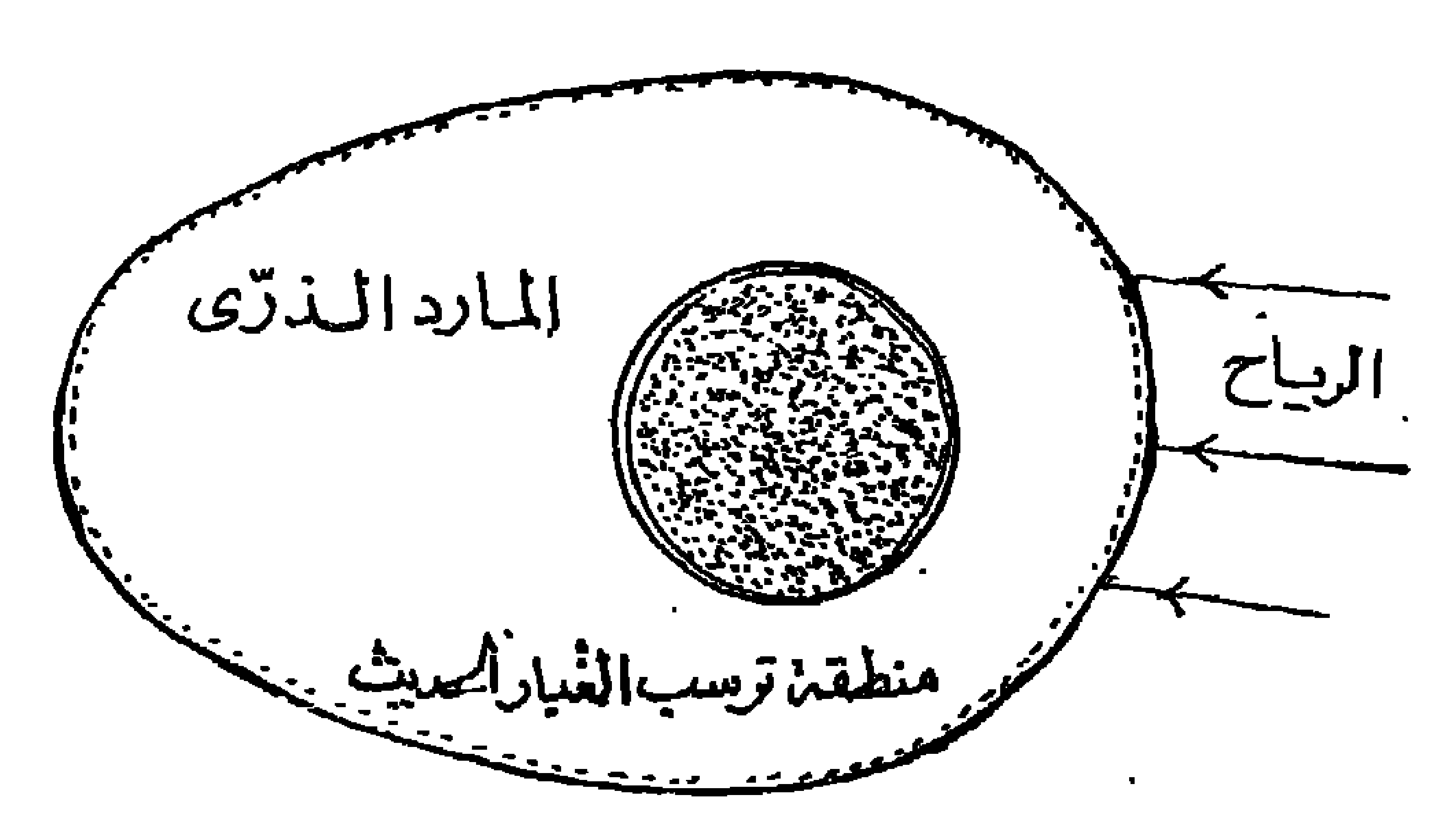
على ترسيب الغبار الذرى هى : (١) جذب الأرض ، فذرات الغبار يمكن أن تتساقط إلى الأرض متأثرة بأوزانها أو بجذب الأرض لها تماماً كما تتساقط الأجسام الأخرى . (٢) الهطول بأنواعه ، وخصوصاً الأمطار ، فنقط المطر وحبات البرد وبلورات الثلج والجليد المتميع المتساقط من السماء كلها يمكن أن تحتبس معها كميات من الغبار الذري والغبار الجوى عموماً بطريقة من الطرق وتسوقها معها إلى سطح الأرض أو البحر أو إلى مجاريها . (٣) الحركة غير الانسيابية فى الجو الطليق الحر ، وتكون هذه الحركة أهم وسائل ترسيب الغبار الذرى القديم نتيجة التبادل المستمر الذى تسببه لشوائب الهواء فى الاتجاه الرأسى ، فهى تحمل بعض محتويات الطبقات السفلى إلى ما يعلوها من طبقات كما أنها فى نفس الوقت تحمل بعض محتويات الطبقات العليا وتردها إلى سطح الأرض . وتأتى أهم الوسائل المستخدمة لقياس الغبار الذرى عن طريق قياس كمياته المترسبة فعلا على سطح الأرض بما فى ذلك سترانشيوم ٩٠ ، أما الكميات التى تتساقط مع أنواع الهطول المختلفة فهى لا تعطى فكرة صحيحة نظراً لتسرب المياه إلى الوديان والمجارى واختلاطها بغيرها ، وهناك أجهزة عديدة مثل « عداد جيجر » وغيره لإمكان قياس التركيز الإشعاعى فى الجو نفسه .

الغبار الذرى الحديث

يترسب هذا الغبار بأجمعه على بعد بضعة مئات الكيلو مترات من مكان الانفجار ، وتختلف كمياته وعينات حباته باختلاف قرب أو بعد السلاح الذرى عن سطح الأرض أثناء عملية الانفجار نفسها ، فإما أن تنطلق القنبلة فى أعالى الجو ، وإما أن تنطلق قريباً من سطح الأرض ، وأما أن يكون الانفجار على سطح الأرض مباشرة * ، وفى هذه الحالة الأخيرة بالذات تتهشم وتتمزق وتتبخر كميات لا حصر لها من مادة قشرة الأرض وما عليها (تقدر بآلاف أو بملايين الأطنان !) ، ويصبح بعضها أثراً لعين ، وتختلط هذه المساحيق بمواد القنبلة نفسها وإشعاعاتها المنطلقة وتكون مجموعة ضخمة من الغبار الذرى المشع الذى يصعد إلى السماء فى صورة مارد جبار . وعندما تتوقف السحابة الذرية عن النمو فى الاتجاه الرأسى تكون الدوامات العنيفة المتولدة داخلها قد هدأت

* عندما يراد تدمير مكان بالذات أو محو معالم مساحة برمتها !

أو توقفت بالفعل ، ويستغرق ذلك بعضاً من الوقت تبدأ بعده الجسيمات الكبيرة وذرات الرماد الثقيلة فى الترسب إلى سطح الأرض ، وتتمخض الحوادث والأمور سريعاً عن تكوين مساحة واسعة حول مكان الانفجار تمتد مع خط هبوب الرياح ، وتغطى هذه المساحة كلها بذرات نشطة الإشعاع جدا على النحو الموضح فى شكل (١١) .



شكل (١١) يمثل ترسب الغبار الحديث فى الانفجارات السطحية

وعندما يتم الانفجار بحيث إن الكرة النارية ، أو جسم القنبلة المتفجر والمتوهج من شدة الحرارة ، يتم تلاشيها قبل أن تصل إلى سطح الأرض ــ كأن تلقى من طائرة على ارتفاع غير

قليل مثلا — لا تكون هناك فرصة كافية لاختلاط مواد القنبلة المشعة بأتربة القشرة الأرضية وأبخرتها ، وقد لا تتاح الفرصة لإثارة تراب الأرض . وعندها يتكون أغلب الغبار الذرى من مواد القنبلة ذاتها ، ويكون فى صورة ذرات دقيقة الحجم جدا وعظيمة النشاط .

وقد رصدت حالات تم فيها الانفجار على أبعاد غير قريبة من سطح الأرض ، ورغم ذلك انبثقت مواد الأرض مندفعة إلى أعلى كأنها تحشر حشراً إلى جسم المارد الذرى ، أو العمود الشامل للأتربة والغازات والأبخرة والإشعاعات والأضواء والحرارة وبالرغم من أن أطناناً عديدة من الرمال وحطام المادة يمكن أن تشترك فى بناء هذا المارد — شكل (١٦) — إلا أن الاختلاط والمزج بين سائر المكونات لا يكتمل كما فى الحالة الأولى ، وتترسب كميات صغيرة نسبياً من المواد ذات النشاط الإشعاعى فى المنطقة كلها . كما يقل الغبار الذرى عموماً ، أو يقل تلوث الجو بالذرات المشعة .

وتدل الأبحاث والتجارب على أنه فى سائر التفجيرات السطحية يترسب نحو ٧٠ ٪ أو ٨٠ ٪ من الذرات المشعة على مساحة تمتد إلى مئات الكيلومترات من مركز الانفجار ، وتزداد هذه النسبة كثيراً إذا تم الانفجار تحت سطح الأرض

رغم أن هناك قنابل نظيفة قليلة الغبار . وتحمل الأهوية المختلفة الشدة والاتجاه الرماد إلى سائر البلاد حيث يمكن أن يترسب من طبقة إلى أخرى قبل أن يستقر على الأرض . ويتناسب زمن ترسب أى نوع من الذرات خلال أى طبقة من طبقات الجو تناسباً عكسياً مع سرعة هبوط الذرات أو معدل سقوطها فيها ، بمعنى أن الذرات الثقيلة تهبط بسرعة كبيرة وتترسب فى أزمنة أقل من الذرات الخفيفة أو الصغيرة ، وعلى ذلك فإن المسافة الأفقية التى يمكن أن تقطعها عينات بالذات من الغبار الذرى أثناء ترسبها من ارتفاع معين يمكن التعبير عنها بتجميع المسافات الأفقية التى يقطعها الغبار أثناء ترسبه فى الطبقات المختلفة التى يتضمنها هذا الارتفاع . أما معدل الترسب لأى ذرة فهو كما قدمنا يتوقف على حجمها وشكلها وكثافتها وارتفاعها ثم على القوى الناجمة من حركة الهواء غير الانسيابية ، مما يستلزم رصد الجو العلوى بكل دقة ، ويتم ذلك باستخدام البالون المذيع الذى يرسل على أمواج لاسلكية معينة قيم الضغوط على ارتفاعات عظيمة وما يناظرها من درجات الحرارة والرطوبة .

والمعتقد أيضاً أن نسب الترسبات المحلية من الغبار الذرى (والغبار الحديث) تزداد كثيراً كلما كان السلاح الذرى

صغيراً ، لأن أغلب المواد التى تتولد من الأسلحة الكبيرة (عظيمة الطاقة) ترتفع إلى مسافات كبيرة ، وقد تصل إلى فوق طبقات تكون السحب ونزول الأمطار .

الغبار الذرى متوسط العمر

بالرغم من أن ترسب الأتربة الذرية الحديثة يتم كله تقريباً بفعل الجاذبية ، وبالرغم من أن الترسب بالجاذبية يستمر نشطاً بعد ذلك خلال عدة أيام ، كما تترسب بفعل الحركة غير الانسيابية كميات لا بأس بها من هذا الغبار ، وخاصة كلما انتشرت السحب الذرية ودفعت بها الرياح فى اتجاهات هبوبها فى الطبقات المختلفة ، فإن العامل الأساسى لترسب الغبار الذرى متوسط العمر هو الهطول بأنواعه . فى إحدى الاختبارات (قنبلة نيفادا عام ١٩٥٥ مثلا) ترسب أكثر من ٨٠ ٪ من الغبار الذرى متوسط العمر بواسطة المطر الذى أعقب تلك التجربة ، كما أن نحو نصف الغبار الذرى الذى أثارته القنبلة ترسب فى طبقة التروبوسفير فى مدى ٢٢ يوماً من تاريخ إجراء الاختبار أو إطلاق القنبلة .

وقد لوحظ أنه فى بعض حالات المطر الخفيف جمعت عينات من الهطول احتوت من الغبار الذرى ضعف القيمة التى كانت تجمع فى الأيام غير الممطرة ، كما أن كميات الغبار الذرى المجموع ازدادت كلما اشتد تساقط المطر ، وفى المتوسط ترسب من الغبار الذرى فى الأيام الممطرة نحو ٤ إلى أكثر من ١٠ أضعاف ما ترسب منه فى الأيام العادية غير الممطرة ، وهذه الظاهرة هى من الأهمية بمكان ، فكما أننا قد نعزو ازدياد كميات الغبار الذرى المترسب فى الأيام المطيرة لازدياد الهطول يمكن أن نعكس الآية ونعزو ازدياد كميات الهطول ، كلها أو بعض حالات منها على الأقل ، إلى ازدياد تركيز الغبار الذرى فى تلك الحالات ، خصوصاً وأن علاقة طبيعية يمكن أن تقوم على أسس سليمة فى كل من الحالتين ، وسنبين ذلك عند الحديث عن « نويات التكاثف » . ويذكرنا موضوع ترسب الغبار الذرى وما يتبعه من أيونات منتجه بواسطة المطر ، أو ترسب المطر متأثراً بالغبار الذرى وما يتبعه من أيونات منتجة ، بمسألة قديمة محورة بعض الشىء لتقريبها للفهم ، فحواها : أيهما أعطى الآخر البيض أم الدجاج؟ ! والمعروف أن الدجاج يعطى البيض كما أن البيض هو الذى يعطى الدجاج أيضاً ! ....

ويتناثر عمود الغبار الذرى وينقسم إلى عدة أجزاء بواسطة

تيارات الهواء فى الطبقات المختلفة ، وينطلق كل جزء فى صورة عدة سحب ذرية يصحبها نشاط عظيم فى كل من الإشعاع والتأين ، وعندما تلائم الأحوال الجوية سقوط المطر مع مرور مثل هذه السحب تبلغ قيم ما يترسب من الغبار الذرى أقصاها ، وقد تصل إلى ٢٠ مرة ضعف ما يترسب إذا لم يتساقط المطر . وهناك إلى جانب هذا كله ترسبات محلية للأتربة الذرية تحدث على المرتفعات والمبانى ونحوها بسبب اعتراضها للغبار واحتكاكها به ، ولهذا تتواجد المواد المشعة فى العصر الذرى بكثرة نسبية على أغصان الشجر وأوراقه والأعمدة والتماثيل والمبانى العالية ونحوها . . .

ترسب الغبار الذرى القديم

تظل بعض أنواع من الغبار الذرى عالقة فى الجو بسبب صغر حجمها والارتفاعات الشاهقة التى تصل إليها ساعة الانفجار . وقد امتد المارد الذرى فى بعض الحالات إلى علو ٨٠٠٠٠ قدم أى نحو ٢٥ كيلومترًا !! نتيجة الانفجارات الذرية بطبيعة الحال . ويتساقط بعض هذا الغبار تدريجيا من طبقة الستراتوسفير إلى طبقة التروبوسير ببطء حيث يمكن أن يترسب جزء منه بواسطة المطر ، إلا أنه لا يكون فى حالة سحب أو تجمعات كما فى الحالة السابقة ولا يتساقط منه بالأمطار إلا كميات صغيرة نسبياً . وتعمل الحركة غير الانسيابية على تساقط أغلب هذا الغبار ، ويستغرق ذلك عدة شهور ، بل وعدة أعوام ، بل وعشراتها !

وتجرى التجارب الذرية عادة فى المناطق النائية الخالية ، وفى حالة جوية مستقرة ، أى غير ملائمة لتكون العواصف والأنواء ، كما تكون تيارات الهواء فى طبقة الستراتوسفير منتظمة ، فهذة التيارات العالية هى التى تعمل على توزيع الغبار الذرى

لدقيق فى الطبقات العليا ، وقد شوهد أنها توزع الغبار على خطوط الطول المختلفة بسرعة أكبر من توزيعها الغبار على خطوط العرض ، كما أن سرعة واتجاه الهواء فى تلك الطبقات عموماً تتغير أيضاً بتغير الارتفاع والمكان والزمان .

ومجمل القول وملخصه أن الغبار الذرى الذى يبقى عالقاً فى الجو ليكون الذرات المتوسطة والقديمة العمر تصل أقطار جسيماته إلى أصغر من جزء من عشرة من الميكرون وإلى أصغر من جزء من مائة* من الميكرون على التوالى ، كما تتخلص الطبقات الجوية السفلى من الغبار الذرى بمعدلات سريعة بفعل التكاثف داخل السحب ونزول الأمطار ، وأعظم نتاج الانشطارات الذرية خطراً على وجه العموم هو سترانشيوم ٩٠ الذى قد يظل عالقاً عدة سنين ، وخاصة فى طبقات الجو العلوى (فى طبقة الستراتوسفير أو الطخرورية) حيث يمكن أن يمكث من ٥ إلى ١٥ سنة ، ومعنى ذلك أن أغلب ترسبات الغبار الذرى الذى دخل طبقة الستراتوسفير فى مستهل العصر الذرى لم تتم بعد ، بل ولم تصل إلى معدلاتها الكبيرة بعد ، وقد يكون لها من الأثر ما لا نعرف ! . . .

---

* عندما يقل طول القطر عن ١و٠ ميكرون تصبح عمليات الجمع والقياس ونحوها من الصعوبة بمكان ، وقد تكون مستحيلة .

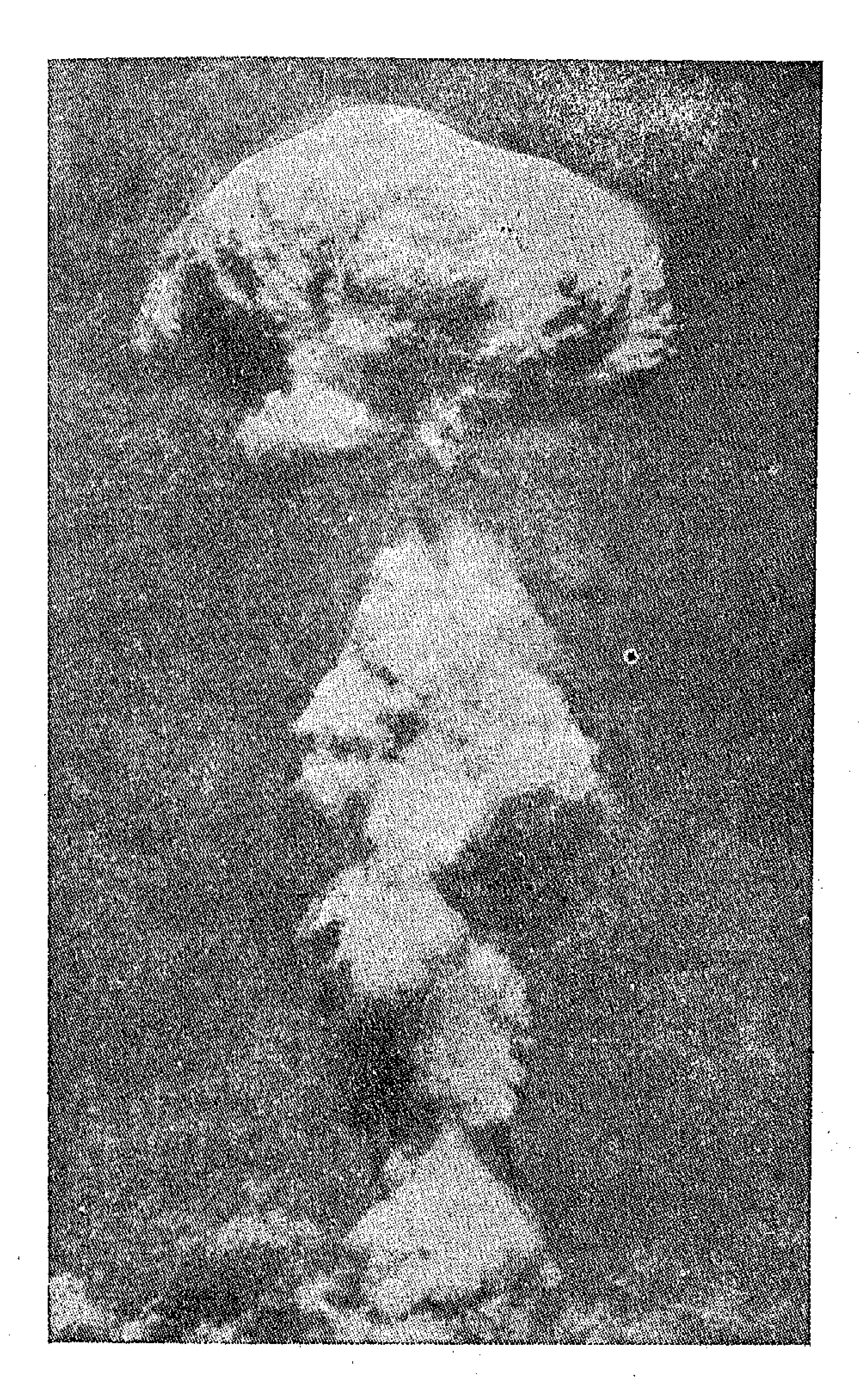
ارتفاع وحجم المارد الذرى

يتضح من كل ما سبق أن مجموع الطاقات التى تولدها القنبلة ، والارتفاع عن سطح الأرض الذي يتم عنده الانفجار ، هما عاملان أساسيان يتوقف عليهما بناء جسم عمودى الغبار والنار ، ومن ثم توزيع الترسبات القريبة والبعيدة ، ويحدد الارتفاع الذى تصل إليه قمة العمود مدى المسافات الأفقية التى يمكن أن تسلكها الذرات المشعة المختلفة الحجم والصفات قبل أن تترسب وتستقر على الأرض نهائياً ، وهذا عمل من اختصاص رجال الطبيعة الجوية .

وفى بضعة الثوانى الأولى التى تلى الانفجار مباشرة تنمو كرة النار بسرعة عظيمة جدا ، ذلك لأنه كلما ازداد داخلها الضغط تمددت سريعاً ليتساوى الضغط فيها بضغط الهواء الجوى الخارجى تقريباً ، وتلك خاصية من خواص الضغط فى مثل هذه التغيرات ، أما درجة الحرارة فتزيد فى الداخل آلاف الدرجات فوق درجة حرارة الجو الخارجى ، وعلى ذلك تقل الكثافة جدا فى كرة النار المتمددة ، ويندفع الهواء إليها مقبلا من

كل مكان ، من أسفل ومن الجوانب ويجبرها على الارتفاع ... ولكنها لا ترتفع ككتلة من الهواء الساخن أو كفقاعة ساخنة ، بل يتولد داخلها تيارات حمل شديدة وحركات غير انسيابية عنيفة ، فيستمر الارتفاع على هيئة حلقات عظيمة من الدخان — شكل (١٢) — .

وكلما علت قمة المارد الذرى ، وكلما نما هذا العملاق فى الجو وازداد حجمه وأقبلت إليه الأهوية من أسفل محملة بما شاءت لها المقادير ، كلما قلت درجة الحرارة فى الداخل متأثرة بعمليات المزج والخلط وإضافة الهواء البارد من الخارج ثم بالإشعاع ، فالإشعاع وخاصة الحرارى يفقد المارد كثيراً من طاقته ، كما أن جسمه (أو عمود الدخان والنار) كلما ارتفع فى الجو برد من تلقاء نفسه بمعدل كبير ، فالمعروف أن الصعود فى الجو يتبعه حتما التبريد ، والهواء الجوى عندما يصعد يبرد ولا يقوى على حمل أبخرة المياه العالقة فيه فترسب هذه مكونة السحب والأمطار والهطول بأنواعه تبعاً لحالة الجو السائدة محليا . وعندما يصل متوسط درجة الحرارة فى الداخل إلى متوسط مستواها فى الخارج يقف نمو المارد وارتفاعه إلى أعلى ، ولكن بالرغم من ذلك تظل هناك كميات وفيرة من طاقة الحركة غير الانسيابية أو المزجية داخل المارد . وفى حالات قنابل ملايين



شكل (١٢) مارد الغبار الذري

الأطنان يستمر سحب الهواء من أسفل حتى بعد حدوث التوازن الحرارى لمدة تختلف من ١٠ إلى ٢٠ دقيقة ، وتكون النتيجة الحتمية لاستمرار سحب الهواء هذا بواسطة الدوامات الداخلية هو نمو الجسم فى الاتجاهات الأفقية ، وهنا يتعقد شكل المارد أو العمود ، ويصبح تركيبه غامضاً ويتعذر رصده كله وتتبع مجرى الحوادث فيه أو من حوله !

ومن المستحيل دراسة توزيع الغبار الذرى داخل المارد نفسه فى مثل هذه المراحل ، أو رسم صورة حقيقية لمكوناته الأصلية ، إلا أن هذه المكونات يمكن تعيينها نظريا ، وخاصة برصد الترسبات المختلفة بعد انتهاء التجربة بمدة كافية كما رأينا . ومهما يكن من شىء فإن قمة العمود وأعلى أجزاء فيه تسود فيها الذرات الصغيرة والقليلة الكثافة عموماً ، بينما تسارع الجسيمات الثقيلة والكبيرة إلى التساقط فى القاعدة .

ويمكن حساب كميات الغبار الذرى الذى يكون جسم المارد إذا أخذت بعض الرصدات الخاصة فى كل حالة ، مثل ارتفاع الجسم ، والزمن الذى يستغرقه تكونه ، ومساحة مقطعه وهكذا . . . وقد حسب المؤلف قيمة شدة الحركة الدوامية أو عنفها داخل عمود الغبار أو المارد الذى تولد من انفجار قنبلة ذرية على سطح الأرض وانطلاق طاقة

تعادل عدة آلاف أطنان الديناميت واكتمل نموه إلى نحو ١٥ كيلومتراً فى ٥ دقائق فوجدها ٣ × ١٠^٩ وحدة تقريباً .

ولما كانت درجة تركيز الغبار الجوى فى أشد حالات الهبوب عنفاً ، وعندما تبلغ شدة الحركة الدوامية ١٠^٦ هى حسب بحوث المؤلف وسلسلة نشراته عن الغبار الجوى ١٠^٥ لكل سنتيمتر مكعب من الهواء ، فإننا نجد أنه إذا احتفظنا بنفس النسبة تكون درجة تركيز الغبار الذرى فى مثل هذه الحالة هى نحو ١٠^٨ جسيم لكل سنتيمتر مكعب من جسم المارد . وبديهى أن هذا التوزيع يكون منتظماً تقريباً على كل الارتفاعات أثناء نشاط الحركة المزجية ، أى فى أول الفترة .

وإذا اعتبرنا نصف قطر العمود خلال الخمسة دقائق الأولى نحو ٣٥٠ متراً أو أكثر بقليل (وهو رقم لا يختلف عن القيمة التى سنحسبها كثيراً) ، فإن عدد حبات الغبار الذرى المتكون يصل إلى ١٠^٢٤ حبة ، أى عشره متبوعة بثلاثة وعشرين من الأصفار على الأقل !!! إن مثل هذه الكمية الضخمة لا يمكن وصفها ولا عدها ، وهى تفوق حد الخيال ، إلا أنها تفسر لنا كيف أثر تعدد التجارب الذرية على الأرض وعلى الجو ولوثهما بإشعاعات وذرات وأتربة أضرت بالإنسان وما يملك من نبات أو حيوان خلال فترات غيرقصيرة أعقبت تلك التجارب ، رغم أنها كلها من صنع البشر قبل كل شىء !!

القنبلة الذرية كمصدر حرارى

كان انفجار أول قنبلة ذرية فى نيومكسكو عام ١٩٤٥ بداية سلسلة من التجارب والحادثات العلمية التى تذكرها أمم الأرض وتجعل منها فاتحة العصر الذرى ، كما تتناولها بالتعليق من وجهات نظر عديدة ، وسنحاول هنا أن نعرف شيئاً عن الانفجار الذرى من وجهة نظر جديدة تشمل الطاقة الحرارية المتولدة وما يصحبها من تيارات الحمل حتى نستطيع إكمال معالجة الموضوع وتكوين صورة سليمة له .

ويتضمن تيار الحمل ارتفاع كتل برمتها من الهواء الساخن إلى أعالى الجو وهبوط أخرى باردة لتحل محلها على النحو الذى سبق ذكره ، وهى تلعب دوراً هاماً فى نقل الحرارة من أمكنة وفرتها على سطح الأرض إلى مناطق شحتها فى الطبقات العليا . وتختلف تيارات الحمل من حيث الشدة والاستمرار باختلاف الكتل الهوائية ، وهى عموماً تشتد كلما كان الفرق فى درجة الحرارة بين الهواء الساخن الصاعد والهواء المحيط به كبيراً .

وفى العادة تحدث تيارات الحمل إثر تسخين أشعة

الشمس لسطح الأرض أثناء النهار على مساحات واسعة ، تقدر بآلاف الكيلو مترات المربعة ، فلا يمكن مشاهدة الحمل فى الطبيعة بشكل ملموس أو واضح* ، ولكن المارد الذرى يعطينا صورة جلية لما قد تكون عليه أشد تيارات الحمل عنفاً على مساحة صغيرة ملموسة ، خصوصاً إذا تتبعنا حركة الكرة النارية ثم انبثاق المارد الذرى من حولها .

وتأتى كل مشاهداتنا وتقديراتنا عن طريق التقارير الرسمية التى تذاع بخصوص ما أجرى من تجارب الأسلحة الذرية ، خصوصاً بمعرفة الولايات المتحدة الأمريكية ، وهناك حقائق يقوم عليها البحث هى :

١ ــ الانفجار الذرى يعادل من حيث القوة فى المتوسط ما ينجم عن انفجار نحو ٢٠ ألف إلى ٣٠ ألف طن من الديناميت (المفرقعات شديدة الانفجار) .

٢ ــ يمكن أن يصل الرماد الذرى (أو المارد الذرى) إلى علو نحو ٤٠ ألف إلى ٥٠ ألف قدم (تعادل من ١٣ إلى ١٧ كيلومتراً تقريباً) قبل أن يبدأ فى الانتشار الأفقى ويعمل فيه الترسب بأنواعه .

---

* بسبب كبر المساحة من ناحية واختلاط معالم الأهوية الصاعدة والنازلة من ناحية أخرى .

٣ — يصل الرماد الذرى إلى هذه الارتفاعات فى الجو فى فترة وجيزة متوسطها خمس دقائق فقط من ابتداء الانفجار.

أما الحقيقة الأولى فيمكن أن يعبر عنها أيضاً بكميات الحرارة أو الطاقة الحرارية المتولدة ، فمن المعروف أن المواد سريعة الانفجار كالديناميت الذى يستخدم فى الحروب تنبعث منها كميات وفيرة من الحرارة ساعة الانفجار تعادل نحو ألف سعر حرارى لكل جرام ، وعلى ذلك فإن كمية الحرارة المنبعثة من القنبلة الذرية العادية يمكن أن تكون فى حدود:

٣×١٠^{١٣} إلى ٢×١٠^{١٣} سعر حرارى

أى ٣ أو ٢ متبوعة بثلاثة عشر من الأصفار ! وهى كمية من الحرارة عظيمة جدا تكفى لتبخير كمية من ماء البحر حجمها لا يقل عن ٥٠ ألف متر مكعب . وعلى ذلك فإن بحيرة عادية طولها نحو كيلومترين اثنين ، وعرضها نحو ٢٥٠ متراً ، ومتوسط عمقها نحو ١٠ أمتار يمكن تبخيرها نظريا بأن يفجر فيها أقل من ١٠٠ قنبلة ذرية ، أو قنبلة واحدة أيدروجينية !!

وكما قلنا يكون الضغط داخل كرة النار المتولدة بالانفجار كبيراً جدا ، ولهذا تتمدد الكرة بسرعة فائقة حتى يتساوى الضغط داخلها مع الضغط الجوى الخارجى ، كما أنها تستمر

فى الارتفاع بسبب قلة كثافتها الناتج من ارتفاع درجة حرارتها ، ولا يتوقف نموها الرأسى إلا عند الارتفاع الذى تهبط فيه درجة الحرارة إلى درجة حرارة الهواء الذى من حولها ، وعندها يكتمل نمو المارد الذرى ، الذى يرجع فى أصل تكوينه إلى كرة عظيمة تنمو فى الاتجاه الرأسى بمعدل أكبر بكثير من معدل نموها أفقيا للأسباب التى ذكرناها .

وإذا قدرنا أن وزن المواد المستعرة أو المتفجرة ، وسائر مواد الأرض التى تشترك فى بناء سائر مكونات مارد الرماد الذرى يعادل نحو ٢٠ ألف طن فى حالة القنبلة الذرية العادية المنطلقة على السطح ، فإن متوسط الارتفاع فى درجة الحرارة يصل إلى ٣٠٠٠ درجة سنتيجراد ، وهى كافية لصهر جميع ما يصادفها من مواد الأرض وصخورها ومعادنها وتحويلها إلى أبخرة ، بل وقد يزيد على هذا القدر بكثير . أما فى القنابل الأيدروجينية فهذا الرقم بطبيعة الحال يدخل فى مرتبة الملايين بسبب تضاعف الطاقات الحرارية المنبعثة .

وبطريقة حسابية بسيطة يمكن الاستدلال على أن متوسط قطر الكرة النارية يمكن أن يصل فى نهاية تمدده إلى ٧٥٠ متراً ، أو $\frac{٣}{٤}$ كيلومتراً ، وهذه نتيجة فى غاية الأهمية ، وقد سبق أن استخدمنا مثل هذا الرقم ، وهو لا يمكن قياسه عمليا ، كما

لا يسمح بإعلان قيمته فى التقارير الرسمية لأسباب فنية وغير فنية أو أسباب حربية ! إلا أن أوصاف مراسلى الصحف ومكاتبي الجرائد تكاد تتفق على أن هذا الرقم واقعى ويمثل الحقيقة إلي حد كبير . ومعنى ذلك أنه بصرف النظر عن الغبار الذرى وترسباته التى عالجناها ، تغطى القنبلة الذرية عند انفجارها مساحة تكاد تكون دائرية قطرها ثلاثة أرباع الكيلو متر ، ترتفع درجة الحرارة داخلها إلى قدر يعادل نصف درجة حرارة سطح الشمس، فلا يبقى ولا يذر! وسرعان ما تتسرب هذه الطاقة كلها إلى الجو حتى يتم التعادل الحرارى تقريباً ، وعندها نقول إن السحابة الذرية قد بردت وأخذت تتناثر بالرياح .

عوامل التبريد

يجىء التبريد أول ما يجىء عن طريق الإشعاع ، أو انطلاق الحرارة فى صورة طاقات أثيرية تماماً كما تنطلق الحرارة من الشمس إلى الأرض . ويبرد المارد الذرى كما يبرد هواء الفرن الساخن ، إلا أن هذا العامل يقل أثره كلما انخفضت درجة الحرارة ويتطلب بعض الوقت لإحداث التبريد اللازم .

ويأتى التبريد أيضاً عن طريق التمدد والانتشار للغازات ، فالمعروف أن الغاز عندما يقل ضغطه وينتشر تنخفض درجة حرارته من تلقاء نفسها ، ولهذا تسمى هذه الظاهرة باسم التبريد الذاتى كما قدمنا . وتلعب هذه الخاصية أهم أدوار التبريد فى الجو ، وكافة أنواع الهطول لا تتم إلا إذا تدخل عامل التبريد الذاتى بطريقة من الطرق . ويتم كثير من التبريد أيضاً بسبب الخلط بين مكونات السحابة الذرية ، وإضافة الأهوية الباردة إليها باستمرار ، وهو عامل مهم جدا فى موضوعنا هذا ، ويمكن حساب قيمة التبريد بالمزج واختلاط هواء الجو العادى بالغازات الملتهبة والمتوهجة ، فإن كرة النار تنطلق بعنف

وتتمدد وتزداد طاقاتها الوضعية وكذلك طاقة الحركة ، وتحتك بالهواء ، ويعمل الاحتكاك بدوره على تقليل جميع الحركات النسبية ، والحد من عمل الحركة غير الانسيابية ، حتى تنعدم الحركة النسبية تماماً بين الهواء العادى والسحاب الذرى المنطلق. ولكى نقدر مقدار السرعة التى يتمدد بها المارد الذرى فى الاتجاه الرأسى نجد أن الأمر ليس مستحيلا ، فكما سبق يمكن أن نذلل كثيراً من الصعاب إذا افترضنا أن علو المارد يكتمل إلى ما يقرب من ١٥ كيلومترًا فى خمسة دقائق ، وعلى ذلك فإن متوسط السرعة ٣ كيلومترات فى الدقيقة، وهذا تقدير للأمور فى جملتها أو ما نسميه المتوسط الحسابى ، إلا من الحقيقة والواقع أن السرعة عند الابتداء تكون أكثر من ذلك بكثير جدا ثم تقل تدريجياً بفعل الاحتكاك إلى أن تنعدم فى قمة العمود ، ويمكن أن نوفق لحساب السرعة عند كل ارتفاع بطرق اجتهادية سليمة كما هو موضح فى الجدول :

الارتفاع	السرعة الرأسية المحسوبة
قرب السطح	٥, كيلومترات فى الدقيقة
٥ كيلومترات	١,٨ »
١٠ كيلومترات	١,٠٢ »

وعندما تصل السحابة إلى ارتفاع نحو ١٥ كيلومتراً تكون سرعتها النسبية قد تلاشت كثيراً ، وبعدها تتحرك مع الهواء العادى بسرعته ، إلا أن هذا الانتقال يتطلب عادة مضى فترة تبدو فيها السحابة للراصدين كأنها عديمة الحركة ، ويلى ذلك كله قصة الترسب التى عرفناها .

وأن التولد المفاجئ لكمية من الحرارة تعادل 10^{13} سعر دفعة واحدة فى حيز محدود قرب سطح الأرض هو بطبيعة الحال حدث من الأحداث التى لها قيمتها من الوجهة العلمية البحتة ، ثم من الوجهة العملية أو التطبيقية المحلية التى تدخل فى دراسات تيارات الحمل وطبيعتها وأثرها على دورة الرياح العامة على الأرض . وأن تولد مثل هذه الكمية فى جو غير مستقر ينتهى حتما بعاصفة رعد أو مطر شديد ويكون الهطول كله مشبعاً بأنواع الإشعاع الذرى ، كما يلعب التبريد الذاتى أهم دور فى هذه الحالة ، وتنطلق الحرارة الكامنة للبخر بكميات وفيرة ، وتتغير الأوضاع وتتبدل . وفى حالات القنابل الأيدروجينية ، أو القنابل الحرارية النووية ، تبلغ الطاقة المنطلقة عشرات المرات أضعاف هذه القيمة بل ومئاتها . وقد فجر العلماء الأمريكيون أخيراً « فى ٥ يوليو عام ١٩٥٧ » فى صحراء نيفادا قنبلة ذرية قدر حجمها بما يعادل ثلاثة أضعاف ونصف

ضعف كل من القنبلتين الذريتين اللتين هدمتا مدينتى هيروشيما وناجازاكى اليابانيتين فى أواخر الحرب العالمية الأخيرة . وقد اهتزت الأرض على إثر هذا الانفجار ، وانتشرت موجة من الحرارة الزائدة إلى مسافة ٢٠ كيلومتراً ، أعقبها ضغوط جوية وتيارات هوائية عنيفة دوت فى أرجاء الصحراء . ويقال فيما يقال إن لدى الروس قنابل فى مقدورها إذابة الجزر البريطانية برمتها فى ساعات !!!

مقارنة لطيفة

تبلغ مساحة سطح الأرض نحو ٥×١٠^{١٨} سنتيمتراً مربعاً، ولما كان متوسط ما يستفيده الجو فعلا من طاقة الإشعاع الشمسى غير المباشر عن طريق سطح الأرض كله يمكن أن نمثله أو نقدره بنحو ١ر٠ سعر حرارى لكل سنتيمتر مربع فى الدقيقة الواحدة ، فإننا نستنتج أن ما يستفيده جو الأرض فعلا من الطاقة هو نحو :

٧×١٠^{٢٠} سعر حرارى فى اليوم الواحد

وتستهلك هذه الطاقة فى إنجاز كافة أنواع النشاط الجوى ، وهى تبلغ نحو ٢٠ مليون مرة قدر الطاقة التى يمكن أن تضيفها القنبلة الذرية العادية إلى الجو . وعلى ذلك يتضح لنا جليا أن التجارب الذرية ليس لهـــا قيمة تذكر من حيث كميات الحرارة التى تولدها فى الجو ، وأن القيم المطلقة لهذه الطاقات يمكن إهمالها بالنسبة لقيمة الطاقة التى تمد بها الطبيعة جو الأرض فى اليوم الواحد .

وقد قدر بالحساب « من كميات الهطول ونحوها » أن

إعصاراً واحداً من أعاصير المناطق الحارة يستنفذ من الطاقة ما يعادل القيمة التى تولدها ٣٠ ألف قنبلة ذرية عادية ، كما أن مساحة قدرها كيلومتراً مربعاً واحداً يغطى نصفها بالسحب الركامية النامية فوق محيطات المناطق الحارة يمكن أن تنزح أبخرة المياه إلى أعلى ، وبذلك تضيف إلى الجو حرارة كامنة تعادل فى الدقيقة الواحدة ما ينطلق من مفرقعات الديناميت التى وزنها ألف رطل ، ولا تنطلق هذه الحرارة الكامنة إلا بالتكاثف ، ولا يتم التكاثف إلا تحت ظروف خاصة منها وجود ما يسمى « نويات التكاثف » .

نويات التكاثف

هناك عامل أساسى يجب أن يتوفر فى الجو ليتم التكاثف ، أى تحول أبخرة المياه التى هى فى صورة غاز إلى نقط من الماء ، هذا العامل هو أن تنتشر فى الهواء جسيمات صغيرة أو ذرات خاصة تعرف باسم نويات التكاثف ، ذلك لأن الأبخرة العالقة فى الهواء لا يمكن لجزئياتها أن تتجمع وتتحد لتكون نقطاً من الماء لمجرد الصدفة ، فأصغر نقط الماء حجماً مثلا يلزمها تجمع نحو ١٠٠ جزىء من أبخرة المياه ، وليس من اليسير تجمع مثل هذا العدد إلا إذا تواجد ما يجذب هذه الجزئيات واحدة واحدة ثم يحملها على البقاء متماسكة فى صورة نقطة من الماء مهما كان حجمها صغيراً ، وهذا هو عمل نويات التكاثف فى الجو .

ولقد كان المعتقد إلى عهود قريبة أن أهم مصادر نويات التكاثف هذه وأعمها ذرات الغبار والرمال التى تثيرها الرياح وتعلق فى الجو ، ولكن أثبتت التجارب الحديثة خطأ هذا الرأى ، كما أظهرت أن فريقاً من هذه النويات عبارة عن أملاح أو حوامض متطايرة فى الهواء ، وعلى رأس هذا الفريق

أملاح البحار ومركبات الأوكسيجين والأزوت الناتجة من مرور أشعة الشمس فوق البنفسجية خلال جو الأرض ، أو من التفريغات الكهربائية فى عواصف الرعد وانقضاض الصواعق ، وكلورور الكلسيوم ، والحوامض الناتجة من عمليات الاحتراق المختلفة .

وهناك فريق آخر هام جدا من نويات التكاثف قوامه تلك الأيونات التى تنتج بتأين الهواء الجوى ، وعلى رأس هذا الفريق الأيونات ذات النشاط الإشعاعى ، التى يعتقد أنها تقدح الزناد وتهيئ الأمور لشحن السحب بالكهربائية ولنمو مكونات السحب عموماً فتسبب الهطول . وعلى رأس هذا الفريق أيضاً تلك الأيونات البطيئة الحركة فى الجو وداخل السحب .

وكثيراً ما يحدث أن تتكون السحب أو تتكاثر ، وتلائم الظروف الجوية تساقط المطر أو أى نوع من أنواع الهطول ، إلا أن قلة نويات التكاثف وشحها تحول دون نمو مكونات السحب نموا كافياً يساعد على تساقطها أو هطولها ، ومن هنا نبتت فكرة الأمطار الصناعية ، وأهم ما فيها هو تغذية السحب فى مثل هذه الظروف بنويات التكاثف اللازمة بطرق صناعية ، وذلك لكى تنشط عليها عمليات ترسب الأبخرة وانطلاق الحرارة الكامنة للبخر ، ثم الاستفادة من انطلاق هذه الحرارة الكامنة

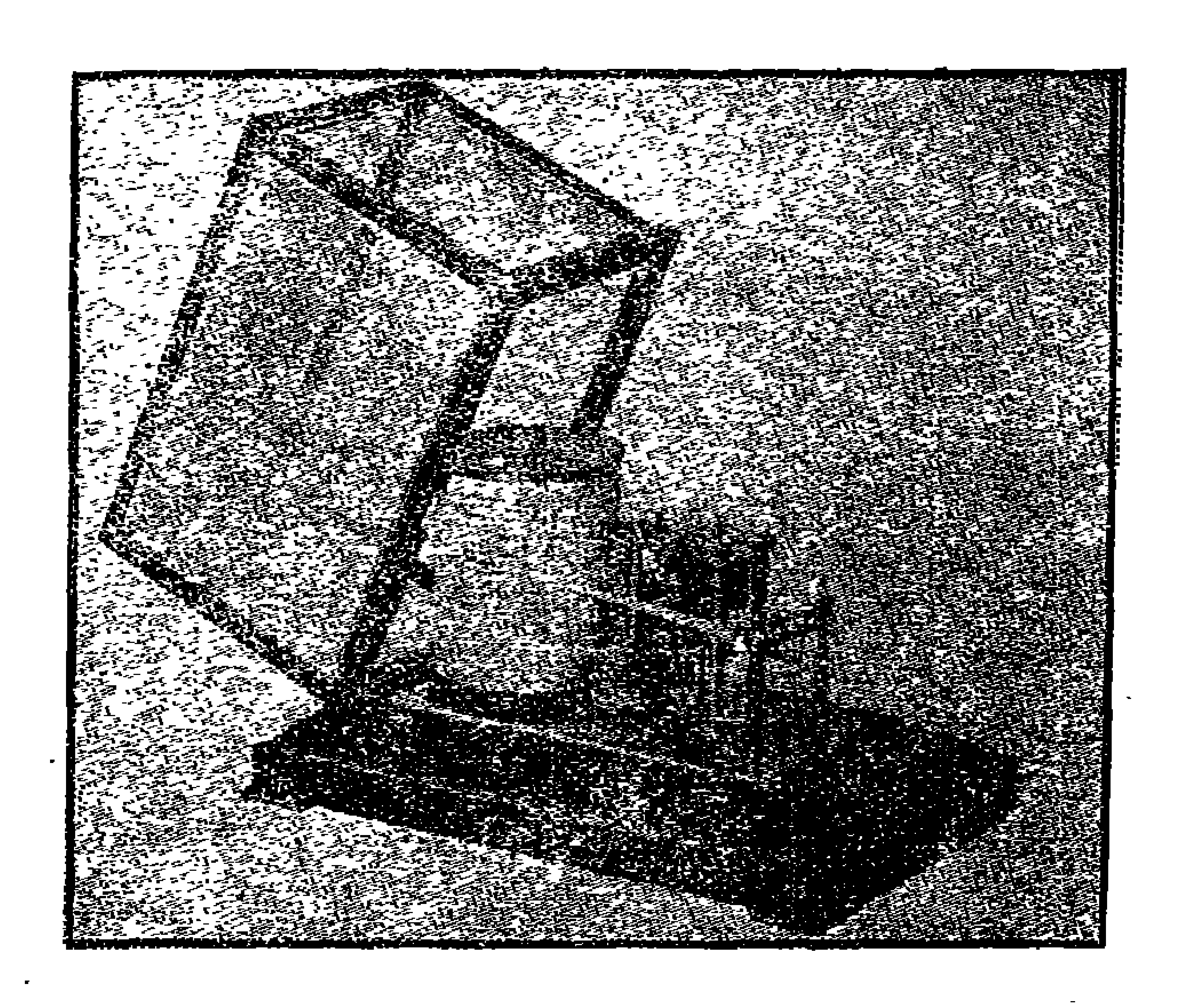
فى تنشيط تيارات الحمل ونمو السحب إلى أعالى الجو وعصرها فى نهاية الأمر لتمطر أو تعطى المزيد من المطر .

وبديهى أن العصر الذرى أضاف إلى جو الأرض فى طبقاته السفلى عدداً وفيراً من الأيونات المشعة وذرات الغبار الذرى التى قوامها خليط من عدة مواد ، وهو إذاً قد أضاف كميات لا حصر لها من نويات التكاثف ، وتهيأت بذلك فرص عظيمة لتغذية مساحات واسعة من السحب وهطول أمطار هى أقرب ما تكون للمطر الصناعى !

وإذا افترضنا أنه عقب كل تجربة ذرية تتولد فى الجو بعض حالات ممطرة يغذيها الغبار الذرى بما يلزم من نويات التكاثف ، وأن كمية المطر (الصناعى) هذه هى فى حدود المألوف ، أى من نحو ٥ إلى ٧ ملليمترات على عدة مساحات مجموعها ١٠٠ × ١٠٠ كيلو متر مربع ، فإن كمية الحرارة الكامنة التى يمكن انطلاقها بهذه العمليات فحسب تعادل نحو ٥ × ١٠^{١٦} سعر حرارى ، وهى كمية تفوق بكثير الطاقة التى تصحب انطلاق القنبلة الذرية ذاتها ! ويمكن أن يزداد التأثير غير المباشر هذا إذا صادف المطر حالات غير مستقرة من الجو ، وهو أمر محتمل الحدوث جدا .

الذبذبات الجوية الناجمة عن الانفجار الذرى

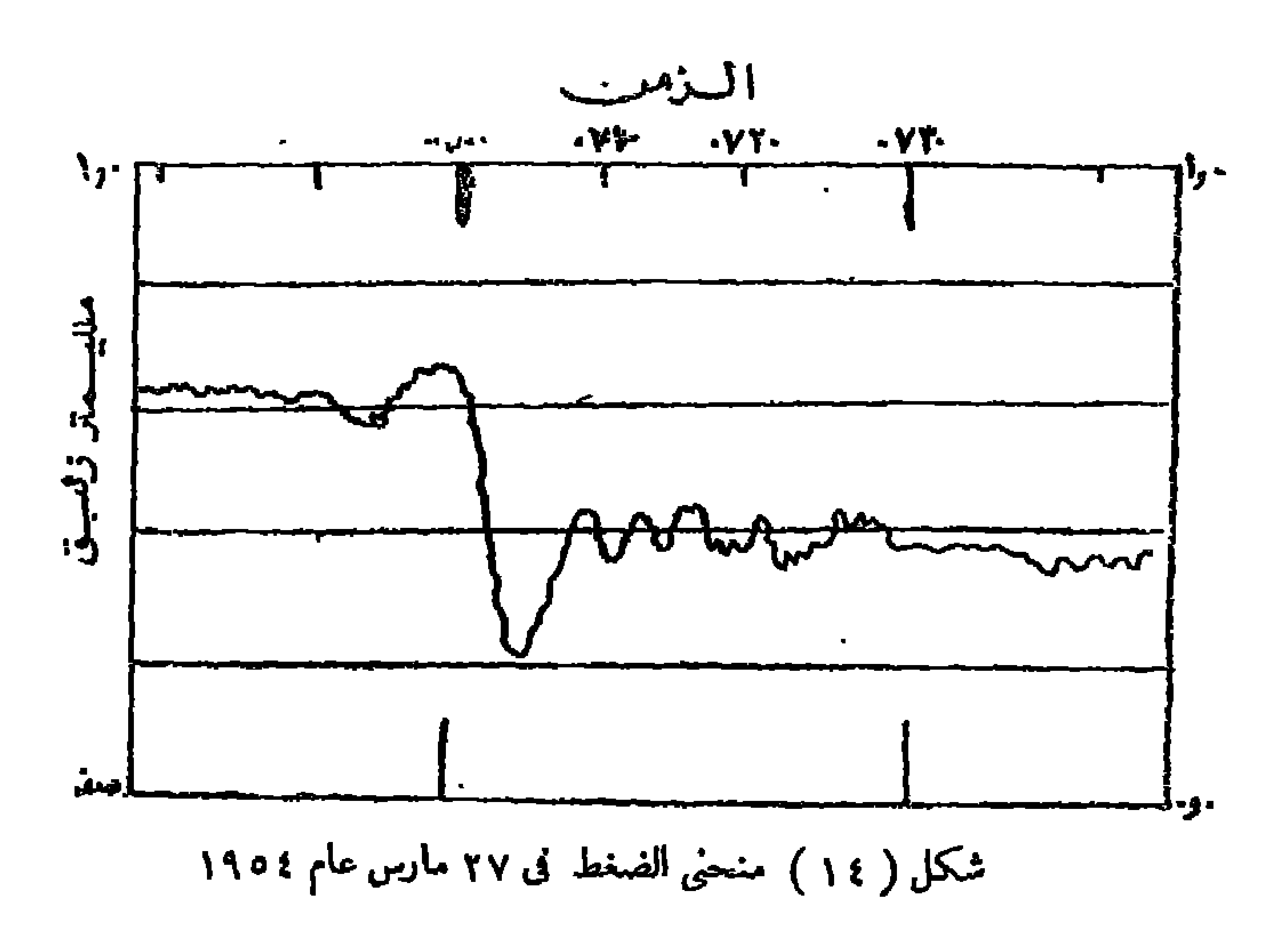
يرينا هذا الموضوع بالذات كيف أن الانفجارات الذرية لا يمكن أن يتم فى الخفاء ، كما أنه يكشف لنا وسيلة عملية من وسائل تحديد زمان ومكان أى تجربة ذرية تجرى على الأرض، فالمعروف أنه يمكن تسجيل وتمييز الذبذبات الجوية التى تصحب الانفجار الذرى بواسطة نوع من أبسط الأجهزة الجوية ، وهى مسجلات الضغط ذات المـــدى الواسع (الميكروباروجراف) شكل(١٣) وهو يتركب من مجموعتين أو ثلاثة من علب معدنية رقيقة الجدران ومفرغة من الهواء تفريغاً جزئيا ، ولكل علبة وجهين مموجين منفصلين عن بعضهما من الداخل بياى ، وعلى ذلك فإن غلاف كل علبة يتقعر أو ينجذب بمقدار يتناسب مع الزيادة أو النقص فى الضغط الجوى الخارجى ، ويتضاعف هذا الأثر بازدياد عدد العلب المعدنية ، ثم تنقل محصلة الحركة كلها إلى ريشة مسجلة بواسطة عدة روافع تظهر فى شكل (١٣) ، وترسم الريشة خطاً على خريطة ملفوفة على أسطوانة تديرها ساعة فتتم دورتها فى أسبوع



شكل (١٢) مسجل الضغط المكبر
(الميكروباروجراف)

عادة، وبذا تسجل جميع الذبذبات. وكلما زاد مدى تموج الموجة (أى كبرت سعتها) كلما زادت حساسية الجهاز وكلما صلح لتسجيل الانفجارات الذرية مهما بعدت عن مكان التسجيل. وفى العادة تسجل ذبذبات الضغط فى أكثر من ثلاثة مراكز فى آن واحد لإمكان تحديد المكان، كما يلزم أن يصل مدى تكبير الذبذبة الواحدة إلى أكثر من ٤٠ — ٥٠ مرة.

ومنذ عدة سنوات استخدم اليابانيون مثل هذه الأجهزة لإجراء بحوث جوية بحتة ، وفى صباح يوم ٢٧ مارس عام ١٩٥٤ شاهدوا وجود ذبذبات عجيبة على الخرائط — شكل (١٤) —



شكل (١٤) منحنى الضغط فى ٢٧ مارس عام ١٩٥٤

تشابه إلى حد كبير تلك الذبذبات التى صحبت سقوط نيزك سيبيريا العظيم من السماء فى ٣٠ يونيو عام ١٩٠٨ ودك الأرض دكا . فساور علماء وأساتذة جامعة كيونو الشك وهم يحللون تسجيلات تلك الأجهزة ، وسرعان ما عزوها إلى انفجار القنبلة الأيدروجينية فى بكينى أتول .

ويمكن دائماً التفرقة بين ذبذبات الضغط التى تسببها تقلبات الجو العادية وذبذبات الضغط التى تحدث لسبب خارج نطاق هذه التقلبات ، فإن المنحنيات أو الموجات التى ترسمها ريشة الجهاز المسجل فى حالات الاضطرابات الجوية الطبيعية تنتشر بسرعة صغيرة نسبيا، لا تتعدى فى العادة ٤٠ متراً فى الثانية ، أو نحو ١٥٠ كيلومتراً فى الساعة . وحتى الأمواج الجوية غير العادية التى تنتشر بسرعة كبيرة نسبيا ، مثل تلك التى كشفها ناميكاوا لا تزيد سرعة انتشارها فى الجو على ٦٠ متراً فى الثانية ، أو نحو ٢٢٠ كيلومتراً فى الساعة . أما اهتزازات الجو وأمواج الضغوط التى لا يكون مصدرها التقلبات الجوية العادية ، ولكن عوامل أخرى مثل انفجار بركان كراكاتوا أو سقوط نيزك سيبيريا العظيم ، أو الانفجارات الذرية ، كلها تنتشر بسرعة تقارب سرعة انتشار موجات الصوت فى الهواء ، وقد وصلت إلى ٣١٨,٨ متر فى الثانية فى حالة انفجار بركان كراكاتوا، وإلى ٣١٨ متر فى الثانية فى حالة سقوط نيزك سيبيريا العظيم . وعلى ذلك فإن سرعة انتشار الموجات فى الجو تعطينا دائماً وسيلة ناجحة وطريقة علمية سليمة للحكم على طبيعة ونوع المصدر ، وهل هو من اضطرابات الجو العادية أم نتيجة انفجار ما، كما أننا نستطيع فى نفس الوقت تحديد موضع الانفجار .

وسجلت أجهزة الميكروباروجراف التى ذكرناها أيضاً ذبذبات وتموجات من نفس النوع العجيب فى أول نوفمبر عام ١٩٥٢ ، وفى أول مارس عام ١٩٥٤ ، وفى ٢٦ أبريل عام ١٩٥٤ ، وفى ٥ مايو عام ١٩٥٤ . . . وكانت سرعة انتشار تلك الأمواج كلها تساوى تقريباً * سرعة انتشار الصوت فى الهواء ، وكانت جميعها تقبل من جزر مارشال أثر تفجير القنابل الذرية المختلفة بمعرفة الولايات المتحدة الأمريكية ، وكذلك كان الحال مع القنابل الأيدروجينية الروسية التى فجرت فى أغسطس عام ١٩٥٣ . . .

والطريف فى هذا كله أن تسجيلات الضغط وذبذباته دلت على أن أمواج الهواء التى صحبت انفجار بركان كراكاتوا ، ذلك الانفجار الطبيعى الجبار ، أتمت عدة دورات أو لفات كاملة حول الأرض قبل أن تتلاشى نهائيا وينعدم أثرها ، وكانت الدورة الكاملة للموجة حول الأرض تستغرق نحو ٣٥ ساعة فقط ! ولكن أمواج الهواء التى صحبت القنابل

* بسبب تأثير عوامل جوية تغير من سرعة الصوت فى الهواء فلا تظل ثابتة أو بنفس القيمة دائما ، مثل تدخل سرعة الرياح واتجاهها والرطوبة والكثافة .

الأيدروجينية ، تلك الانفجارات الصناعية ، كانت فى كل مرة تتلاشى تقريباً بعد أن تتم دورة واحدة فقط حول الأرض، أو على الأقل لم تستطع تلك الأمواج ، التى هى من صنع البشر ، أن تكمل أكثر من دورة واحدة حول جو الأرض بشكل يمكن تسجيله !!

والطريف أيضاً أن نقرر للباحثين والمتطلعين إلى معرفة الحقيقة أن تفجير القنابل الأيدروجينية فى جميع أنواع التجارب والاختبارات التى تمت لم يصحبها هزات فى قشرة الأرض الصلبة ذات بال ، ولم تسجل أجهزة الزلازل هزات أرضية على بعد ، وهذا بطبيعة الحال بعكس انفجار البراكين ، وقد كانت الهزات الأرضية التى صحبت انفجار بركان كراكاتوا بالذات مخيفة ومزعجة .

« يأيها الناس اتقوا ربكم إن زلزلة الساعة شىء عظيم »

حساب طاقة الانفجار بطريقة هويبل

إن جميع الدراسات والتفاصيل التى تهم أى دولة من الدول من وقت تفجير الأسلحة الذرية إلى انتهاء ترسب غبارها الذرى هى كلها مسائل من صميم اختصاص رجال الطبيعة الجوية ، وتتشعب هذه المسائل وتتفرع كما رأينا ، وتدخل تطبيقاتها فى أعمال الوقاية من الغارات الذرية . ونتائجها ، مثل انتشار الإشعاع والغبار الذرى ، كما تدخل فى كثير من الدراسات الطبية ، مثل انتشار الأوبئة والحشرات ، وكذلك تدخل فى دراسات المناخ والتأثير على طبيعة جو الأرض . وأول ما يهمنا فى هذا الشأن هو حساب أو تقدير الطاقة التى يضيفها الانفجار إلى الجو باستخدام طريقة سليمة ، فالوصف العلمى لأى ظاهرة لا يتم ولا يكتمل إلا إذا طعمته الأرقام ودعمته القياسات .

وقد سبق أن عمل هويبل طريقة لحساب مثل هذه الطاقة ، واستخدمها فى تقدير الطاقة التى صحبت انفجار بركان كراكاتوا

فى ٣٠ يونيو عام ١٩٠٨ حيث بلغت ٣,٢ × ١٠^٢٠ أرج ، ويعطى الجدول قيم الطاقة المحسوبة بنفس الطريقة فى الحالات التى سبق ذكرها كما سجلتهـــا آلات الرصد فى مدينة شيونوميساكى باليابان ، ويمكن أن تقارن القيم المعطاة بتلك القيمة التى حسبها هويبل لانفجار بركان كراكاتوا الشهير :

التاريخ	سرعة انتشار الموج (متر فى الثانية)	الاتجاه	هل أذيع فى الجرائد	الطاقة بالإرج	الطاقة بالسعر
١ نوفمبر ١٩٥٢	٢٩٨	من الجنوب الشرقى	نعم	٥×١٠^{٢٠}	$١,٢ \times ١٠^{١٣}$
١ مارس ١٩٥٤	٢٨٤	»	»	$١٣,٨ \times ١٠^{٢٠}$	$٣,٣ \times ١٠^{١٣}$
٢٧ مارس ١٩٥٤	٢٨٧	»	»	$٥,٦ \times ١٠^{٢٠}$	$١,٣ \times ١٠^{١٣}$
٢٦ أبريل ١٩٥٤	٢٨٧	»	لا	$٣,٥ \times ١٠^{٢٠}$	$٠,٨ \times ١٠^{١٣}$
٥ مايو ١٩٥٤	٣١٠	»	لا	$١٤,٢ \times ١٠^{٢٠}$	$٣,٤ \times ١٠^{١٣}$
٣٠ يونيو ١٩٥٨	٣١٨			$٣,٢ \times ١٠^{٢٠}$	$٠,٧ \times ١٠^{١٣}$

وقد لوحظ أن موجات الهواء التى صحبت الانفجارات الذرية ، أو سقوط نيزك سيبيريا العظيم ، أو انفجار بركان كراكتوا المخيف . كلها كانت مدة ذبذبتها تقع بين دقيقة واحدة ودقيقتين ، وتعليل ذلك يدخل فى طبيعة الحركة فى الجو . ومهما يكن من شيء فقد ثبت أن الطاقة التى أثرت على الجو فعلا وسجلتها آلات الضغوط هى فى كل تجربة ذرية فى مستوى الطاقات الجبارة التى تسببها أشد غوائل الطبيعة عنفاً على الأرض ، والتى صحبها كثير من التدمير والتخريب ، ومكث الناس يتحدثون عنها وينقلون أخبارها سنين عديدة !! وفى حالات القنابل الحرارية العظيمة والأيدروجينية تضاف إلى الطاقات كميات أخرى عظيمة من الإشعاع ومما لا ينتقل فى صورة أمواج الهواء .

الغبار الذرى والجو

ظهرت فى السنين الأخيرة ، التى عظم خلالها التنافس فى إجراء التجارب الذرية ، بعض ظواهر الجو غير العادية ، وكثر الجدل من حولها ، وذهب فريق من العلماء المحافظين إلى أن هذه الظواهر الشاذة ، رغم تعددها وعدم انحصارها فى مكان معين ، وانتشارها على سائر أرجاء الأرض ، لا تخرج فى مجموعها عن الشواذ الجوية المعهودة . فلكل قاعدة أو نظام شواذ ، خصوصاً فى حالة جو الأرض برمته ، الذى يغطى مساحات واسعة ويمتد إلى ارتفاعات شاهقة ، تتعدد القواعد والنظم ويتعذر السير على وتيرة واحدة ، ورأى فريق آخر غير ذلك .

ومن النتائج التى سلم بها كثير من علماء الطبيعة الجوية أن الشواذ التى حدثت فى الجو قد خرجت عن حدود ما هو متوقع ، أو ما هو مألوف فى إحصائياتنا التى ترجع بنا إلى عشرات السنين . إن الإحصاء الرياضى والمتوسطات لعناصر

الجو فى كثير من الأقاليم ، لم تتغير قيمها فعلا ، إلا أن معالم بعضها ومدلولاتها الطبيعية قد تبدلت ، مما يدل على تدخل عوامل جديدة فى جو الأرض فى فجر العصر الذرى .

وإن الإخفاق فى ملاحظة أو تتبع بعض التغيرات الهامة فى طبيعة جو الأرض فى بعض البلدان ، ونحن لا نزال فى مستهل العصر الذرى ، لا يمكن أن يتخذ دليلا أو برهاناً يقطع به فريق من العلماء على عدم تدخل عوامل طبيعية جديدة بسبب الانفجارات الذرية وانتشار الغبار الذرى ، ولكن كل الذى يمكن أن نقوله فى هذا الصدد ، ونحن أقرب ما نكون للحقيقة والصواب ، أنه تنقصنا وسائل البحث الدقيق عن التأثيرات الطبيعية للانفجارات والإشعاعات والسحب الذرية فى الجو ، ويلوح أن من أهم العوامل المضللة فى مثل هذا الباب أن أغلب الطاقة التى تتولد قد لا يستفيد بها الجو مباشرة ، بل وتجرى التجارب فى أجواء تختار اختياراً دقيقاً بحيث إن كثيراً من الطاقة لا يمتصها الجو فى صورة نافعة أو يظهر أثرها مباشرة ، ممثلا فى هطول شديد أو عاصفة رعد تنطلق فى نفس الوقت .

ومهما يكن من شيء هناك احتمال كبير جدا أن تكون هذه الانفجارات الذرية وما يتبعها من آثار بمثابة العوامل التى

تقدح الزناد أو تفك العقال لانطلاق كميات وفيرة من الطاقة التى تدخرها الطبيعة فى الجو ، ولم يكن من سبيل لانطلاقها إلا بتفجير القنابل الذرية وانتشار الغبار الذرى . ولعل أقرب الأمثلة إلى أذهاننا فى هذا الشأن ازدياد معدلات انطلاق الحرارة الكامنة للبخر بازدياد عمليات التكاثف ، وأيضاً إضافة كميات وفيرة من الإشعاع الشمسى المباشر إلى طبقات الستراتوسفير بامتصاصها بواسطة الغبار الذرى المتزايد فيها . ومما لا شك فيه أن المشاهدات تدل على أن عدد التجارب الذرية التى أجريت حتى الآن كان كافياً لإحداث تغيرات ملحوظة على انسياب السحب وانتشارها وكميات الهطول ومواسمها على مساحات واسعة من الأرض .

وليس من شك أيضاً أن درجة التوصيل الكهربائى للهواء قد اعتراها التغيير والتبديل بانتشار الغبار الذرى فيه ، فالنشاط الإشعاعى لذرات الغبار لابد وأن يضاعف ظاهرة التأين ، كما أن الأيونات المشعة هى من أجود نويات التكاثف وخصوصاً فى درجات الحرارة المنخفضة .

وليس بعجيب أن نقرر أن معدل ورود الإشعاع الشمسى إلى سطح الأرض سيقل باستمرار إجراء التجارب الهيدروجينية ،

وسيتبع ذلك انتشار البرد * على الأرض! ففى العصور الجيولوجية القديمة عندما كانت البراكين تثور بعنف أحياناً وتقذف بأتربتها ودخانها إلى طبقة الستراتوسفير ، كان يتبع ذلك نقص شديد فيما يصل إلى سطح الأرض من الإشعاع الشمسى المباشر ، مما أدى إلى الاعتقاد بأن ذلك كان سبب تكون العصور الجليدية فى بعض الحالات . وأن استمرار إضافة الغبار الذرى إلى طبقة الستراتوسفير سينتهى حتماً بتجمع كميات وفيرة منه فى تلك الطبقة وامتصاص أجزاء كبيرة من الإشعاع الشمسى المباشر فيها .

وقد سمعت من يقول إن كل ما نتحدث عنه من شواذ الجو فى هذا العصر ليس له من علة أو سبب سوى تقدم البشر فى وسائل الرصد واهتمام الناس بوصف ظواهر الجو وذكر تفاصيلها فى الجرائد والإذاعة والمجلات والكتب . . . وليس من جديد على الأرض ! وبديهى أن مثل هذا المذهب لا ينفى الحقيقة أو يغير الواقع ، فالرماد الذرى يوجد فعلا فى الجو ، كما أنه سيأخذ فى التزايد بسبب المضى والإصرار على الاستمرار فى التجارب الذرية ، ولكننا لم نعرف بعد مقدار هذا التزايد،

* يصحب ذلك فترات مطيرة يزداد فيها الهطول ، ثم يقل ويبدأ الجفاف .

ولم نحدد مدى أخطاره على البشر بصفة قاطعة ، وربما تمضى سنوات عديدة قبل الوصول إلى حل نهائى لهذه المسألة . أما من حيث الجو وطبيعة الهواء ، فها هى بعض الأعاصير غير العادية تجتاح أنحاء المعمورة ، والفيضانات العالية تغرق الأراضى فى أماكن كثيرة ، وأمواج البرد والحر تتعاقب فى سلسلة غير منتظمة ، ومكاتب الرصد الجوى لا تألو جهداً فى إصدار التنبؤات والتحذيرات ولو اكتنفها الغموض فى بعض الحالات ! انظر مثلا إلى هذا التنبؤ الجوى الذى أذاعته مصلحة الأرصاد الجوية بالقاهرة عن حالة الطقس المنتظرة يوم ٥ يوليو عام ١٩٥٧ وتقول فيه « يسود الجو الصيفى العادى ، ودرجة الحرارة حول المعدل المألوف ، ويظهر السحاب المنخفض ، كما يحتمل أن تسقط أمطار خفيفة فى بعض مناطق الوجه البحرى والقاهرة والرياح شمالية تتحول إلى شمالية شرقية معتدلة » . . . وقد تساقط المطر فعلا . . وهى ظاهرة لا تتفق مع جو مصر الصيفى العادى ، لا من حيث استبعادها بالإحصاء وعدم الاحتمال فقط ، ولكن طبيعة الجو وتركيبه وتكوينه وطبيعة توزيع السحب وكتل الهواء فيه كل ذلك يتعارض مع إصدار مثل هذا التنبؤ عندما يسود الجو الصيفى العادى ! وهذا أقرب مثل نسوقه لإثبات وجود الحالات الغامضة ، وأن الشذوذ الجوى قد خرج فعلا

عن نطاق المألوف فى إحصائياتنا ، كما أن هناك بعض التحويرات فى طبيعيات الجو لا نعرفها ! وفيما يلى بعض الحالات التى تثبت هذا بكل جلاء ووضوح ، وقد تعمدت أن أتخيرها كلها من أقرب الظواهر إلى ذاكرتنا ، والتى تناولتها بالبحث فعلا .

أمثلة من الجو غير المألوف عام ١٩٥٧

(ا) فى الشرق الأوسط :

١ — من ٧ إلى ١٠ مايو : تعرضت جهات متفرقة من الشرق الأوسط لهطول أمطار غير عادية ولا مألوفة فى مثل هذا الوقت من السنة . ووصفت مصلحة الأرصاد الجوية هذه الظاهرة بقولها : « وأن سقوط هذه الأمطار فى هذا الوقت من السنة ظاهرة شاذة ، وإن كانت نادرة الحدوث » .

والذى حدث فعلا أن تعرض الشرق الأوسط عامة ومصر خاصة لاضطراب الحالة الجوية فجأة ، وهطلت الأمطار ، ودلت التحريات العلمية والأرقام الإحصائية أن هذه الظاهرة لم يحدث لها مثيل إلا ثلاث مرات خلال ٧٠ سنة مضت ! وفى القاهرة استيقظ الناس يوم ٩ مايو على جو لم يألفوه فى مثل ذلك الوقت من العام ، إذ كانت السماء تغطيها السحب الداكنة الثقال بينما ينهمر المطر بشدة اختلفت بمضى الوقت ، فامتلأت الشوارع والطرقات بالمياه . ودل تحليل مياه المطر على وجود النشاط الإشعاعى فيما جمع منه .

٢ – حدثت حالة أخرى من الجو الشاذ فى نفس الشهر ، بين ٢٠ مايو و ٢٣ مايو ، حين تعرضت جمهورية مصر خاصة لموجة من الجو المتقلب . وقد تميزت هذه الموجة بتساقط المطر على نطاق واسع ، فأصاب أنحاء متفرقة شملت السواحل والواحات والدلتا ومنطقة القنال ومصر الوسطى وامتدت جنوباً حتى أسوان .

وجاء فى بيان مصلحة الأرصاد عن هذه الحالة : « وحدث برق ورعد مصحوبين أحياناً بالبرد فى سيوه يوم ٢٠ مايو ، والفرافرة والداخله وحلوان يوم ٢١ مايو ، كما حدث فوق القاهرة ، وفى منطقة القنال عموماً يوم ٢٣ مايو . وسقطت كميات قليلة من المطر فى أغلب أنحاء الجمهورية خلال هذه الفترة بالرغم من الهطول المتقطع خلال ثلاثة أيام متتالية فى بعض هذه المناطق . وكانت أقصى كميات سجلت هى ٨ ملليمترات فى المنيا و٣ فى السويس و٢ فى سيدى برانى والضبعة يوم ٢١ . و ٤ ملليمترات فى مرسى مطروح و ٢ فى الضبعة و ٢ فى سيوه يوم ٢٢ ، أما درجات الحرارة فقد بلغت أقصاها ٣٨ درجة فى ألماظة و ٣٢ فى الإسكندرية يوم ٢١ . . . »

وخلال هذه الفترة أيضاً انقضت صاعقة فى دمياط فأصابت منزلا على شاطئ النيل وشقت أحد جدرانه ، مما يدل

على عظم الكهربائية الجوية ، وكان هدير الرعد يشبه فى عنفه وشدته الانفجارات المتتالية ! أما دسوق فقد كساها الثلج وقطع اتصالها التليفونى بسائر البلاد ، وبدت المدينة ناصعة البياض من تراكم البرد !

٣ — سادت فترة من الجو الشاذ جدا فى شهر يونيو خلال الفترة الممتدة من ١٠ إلى ١٢ يونيو فى شمال مصر . وفى يوم ١٠ يونيو بالذات أمطرت السماء برداً كبيراً وصفته الجرائد بأنه ثلج أو حجارة من الثلج حطمت جدران بعض المنازل ! بينما كان وميض البرق ينير السماء بشدة من آن لآخر ، وقد أغرقت الأمطار والسيول العرمة بلدة دماط التابعة لمركز قطور بمديرية الغربية ، وارتفعت المياه نحو ½ متر أو أكثر فوق سطح الأرض خلال نصف ساعة * فقط !! مما حمل الأهالى على الفرار بماشيتهم من الحقول والمزارع والطرقات والاعتصام ببيوتهم ومساكنهم ، كما هرع البعض إلى المساجد يدعون الله تعالى ليرفع عنهم

---

* تسمى هذه الحالات (انفجارات السحب) ، إذ يخيل للراصد أن السحاب قد انفجر فعلا وأن المياه تتدفق منه تدفقاً لا هوادة فيه . وتفسير ذلك أن أصل هذا الماء أمطار تتراكم أسفل السحب بفعل تيارات الهواء الصاعدة بشدة فتمنع ماء المطر من النزول ، وعندما تضعف هذه التيارات الصاعدة أو تنعدم ينسكب الماء المتراكم فى السحب بشكل مخيف !

وعن ذويهم ذلك البلاء النازل من السماء .

أما مركز قطور فتساقط عليه برد فى حجم البرتقال ! ومثل هذا الحجم يدل على عظم عدم الاستقرار فى الجو مما لا يتوفر إلا فى المناطق الحارة الرطبة . وهطلت فى أعقاب هذا البرد أمطار غزيرة كسابقتها هى أشبه شىء بانفجارات السحب ، أدت إلى إغراق القرى والمحاصيل المجموعة فى الأجران وخاصة محصول القمح .

ويقول تقرير مصلحة الأرصاد الجوية بخصوص هذه الحالة : « المفهوم أن التوزيع السائد للضغط الجوى فى منطقة شرق البحر الأبيض المتوسط فى هذا الوقت من السنة يكون أقرب إلى التوزيع الصيفى العادى ، مما يستبعد معه حدوث عواصف رعدية وبرد مع رخات من المطر الغزير فى هذا الوقت من السنة . غير أنه يوجد عدم استقرار مع هواء بارد فى طبقات الجو العليا لوجود منخفض جوى فى تلك الطبقات قرب جزيرة قبرص . . .

٤ ــ سقط المطر مرة أخرى خلال المدة الممتدة من ٣ إلى ٥ يوليو فى جهات متفرقة من شمال الدلتا ، وكان المطر غزيراً خاصة جنوب مديرية البحيرة وفى إيتاى البارود والدلنجات

وجنوب دمنهور ، وسبب قطع المواصلات ، إذ أغرقت المياه أغلب الطرق الزراعية !!

هذا جانب من أعاجيب الجو فى بلادنا فى العام الماضى (١٩٥٧) ، فهل يمكن أن تتكرر الحوادث هكذا لمجرد الصدفة ؟ أم لابد من وجود بعض العوامل الطبيعية التى لها من السيطرة والهيمنة ما يسبب مثل هذه السلسلة من الظواهر الشاذة فى عرفنا ؟

(ب) فى العالم :

لم تكن الحالة الجوية خارج بلاد الشرق الأوسط أحسن حالا أو أكثر استقراراً ، فكانت الأعاصير العاتية تزيل الجزر وتمحى معالم المدن ، وانتحر كثيرون فى أوروبا وأمريكا من شدة أمواج الحر التى لم يعهدوها ، واكتسحت السيول والمياه الجارية أمكنة أخرى .

وقد وصف الإعصار الذى اكتسح شواطئ ولاية لويز يانا بأمريكا فى ٢٨ يونيو ١٩٥٧ بأن بيتاً واحداً من كل ٢٥ بيتاً نجا من الدمار ، وأنه لم يعد هناك ما يدل على المكان الذى كانت تقوم فيه الدور سوى ما بقى من الأساس أو أجزاء

المداخن ، وأن جثث ما نفق من الماشية والخيول ونحوها كانت مبعثرة فوق المستنقعات ، وأن عدداً كبيراً من السيارات ترك فى الطرق بعد أن فشل أصحابها فى محاولاتهم الفرار من وجه العاصفة . . .

وفى ١٧ مايو ١٩٥٧ اجتاحت الفيضانات العنيفة والأعاصير جنوب غرب الولايات المتحدة ، وحذرت مكاتب الأرصاد الناس منها فى ولايات تكساس ومسورى وأوكلاهوما وكنساس، وذلك عقب ظهور نكباء من الرمل الأحمر الذى اجتاح بعض مدن تكساس . وقد فاضت الأنهار فيضاناً لم يسبق له مثيل، وخاصة نهر سبارون ، واندفعت المياه إلى كثير من المدن وفر السكان بالقوارب !

وفى ٥ ، ٦ يوليو ١٩٥٧ غمرت أوروبا موجة من الحر الشديد غير العادى ، وأدى ذلك إلى وفاة الكثيرين ، ونقل آخرون إلى المستشفيات ، كما أصيب بعض الناس بالجنون ! . وعمت هذه الموجة أغلب بلاد أوروبا وإيطاليا حيث بلغت درجة الحرارة فى مدينة ترنتو ٣٤ درجة سنتيجراد وهو رقم قياسى !

واجتاحت موجة من الحر اللافح والفيضانات العرمة أجزاء متفرقة من الولايات المتحدة الأمريكية فى الفترة بين ١٥ يونيو

و ١٨ يونيو ١٩٥٧ سببت كثيراً من المتاعب والحالات المفجعة من البؤس مما لم يعهده الناس . وقد امتد الحر إلى أقصى الشمال وعم كندا فسبب وفيات عديدة بشكل غير مألوف ، وخلال هذه الفترة تقريباً اجتاحت الأمطار وعواصف الرعد تركيا وإيطاليا وألمانيا وسببت ضحايا عديدة !

وليس ببعيد أن يكون قد صحب هذه التطورات الجوية تطورات مماثلة فى عالمى الحشرات والميكروبات ، وهى التى تتأثر إلى أقصى حد بتقلبات الجو وكتل الهواء والإشعاعات المختلفة ، وليس بعجيب أن نقلق إذاً من جراء المخاطر المستهدف لها الجيل الحاضر والتى قد تتزايد فى الأجيال المقبلة ، وأخطر من هذا كله أن تصبح الطاقة الذرية ملكاً لأياد غير واعية تسىء إلى الإنسانية وتراثها .

حقيقة الطاقة الذرية

بقى بعد هذا الذى قدمناه أن نعرف كيف تنبعث الطاقة الذرية ، فقد مررنا على ذلك مر الكرام ، والطاقة الذرية كغيرها من الطاقات ، صورة من صور الشغل المخزون أو المدخر بالطبيعة فى أصغر وحداتها المادية من الحجم وأكثرها من حيث العدد وهى الذرات ، وفى هذه الحالة يختزن الشغل بتماسك مركبات كل ذرة بمختلف القوى التى تربطها فى النواة وخارج النواة . فكل الكترون مثلا يحتفظ بقدر معين من الطاقة أثناء البقاء فى فلكه وهو يدور حول النواة . وإذا برد الجسم وفقد بعض طاقته قلت سرعة دوران الكترونات ذراته ، إما إذا سخن واكتسب بعض الطاقة حدث العكس ، وقد تنطلق بعض الألكترونات بسبب ازدياد سرعتها حرة طليقة . وأن عملية انتقال الألكترون من فلك إلى آخر فيه مستوى الطاقة أقل إنما تتضمن انطلاق بعض الطاقات فى صورة أمواج أثيرية . وفى العادة تستخدم وحدة يقال لها (الألكترون فولت) لقياس طاقة الإشعاع الذرى هذا ، ويعرفونها بأنها مقدار الشغل اللازم

لتحريك ألكترون واحد بين نقطتين فرق الجهد بينهما فولت كهربائى واحد ، وعلى ذلك يكون :

٦٠٠ ألف مليون ألكترون فولت = أرج

وعندما يهاجم نيوترون نواة ذرة اليورانيوم على النحو الذى سبق أن شرحناه ، ويحطم القوى الرابطة لها ، تنطلق طاقة تبلغ نحو ٢٠٠ مليون ألكترون فولت ، وذلك بالإضافة إلى ما ينطلق من نيوترونات . ويمكن أيضاً أن يقل وزن المادة بعد الانشطار عن وزن اليورانيوم ، أى يمكن أن ينعدم جزء من اليورانيوم ويتحول فى النهاية إلى حرارة ، وهذا عين ما يحدث . وليس هو بالعجيب فالمادة صورة من صور الإشعاع أو طاقة الإشعاع المخزونة !

وتحتوى الأوقية الواحدة من اليورانيوم (٢٣٥) على لبنات عددها نحو ٧٢ ألف مليون مليون مليون ذرة ، وعلى ذلك يمكن أن تنتج طاقة قدرها ٦٤٠ ألف كيلو وات ساعة ، أو كمية من طاقة الكهرباء ثمنها ٣٠ ألفاً من الجنيهات ! وهكذا يمكن أن نقدر أو نتخيل الكميات الهائلة من الطاقة التى تنبعث أكداساً فى ثوان من بدء الانفجار وتكون الكرة النارية المتوهجة ، وكيف أنها يمكن فى لحظات أن تصل درجة حرارتها إلى مئات

الألوف ، وذلك قبل أن تختلط بمواد الأرض التى يثيرها الانفجار . ولا تبقى الموجة الحرارية من حول الانفجار على شيء فى دائرة نصف قطرها نحو كيلومتر ، ويقل هذا التأثير بالبعد عن مركز الانفجار ، وقد تتحول الأجسام القريبة أو الداخلة فى نطاق تلك الدائرة إلى سراب . . . بل إلى إشعاعات تنطلق ، كلها أو بعضها، فى أرجاء الكون الفسيح بسرعة الضوء وكأنها لم تعرف عالم المادة من قبل !!

وبرغم هذه المساوئ العظيمة والأضرار الفادحة التى كشفنا عنها ، فإننا لا نتردد فى أن نعرض جانباً مما قد تزودنا به التجارب الذرية من الفوائد والمزايا ليقف القارئ على جلية الأمر ويحكم بنفسه ، مثل :

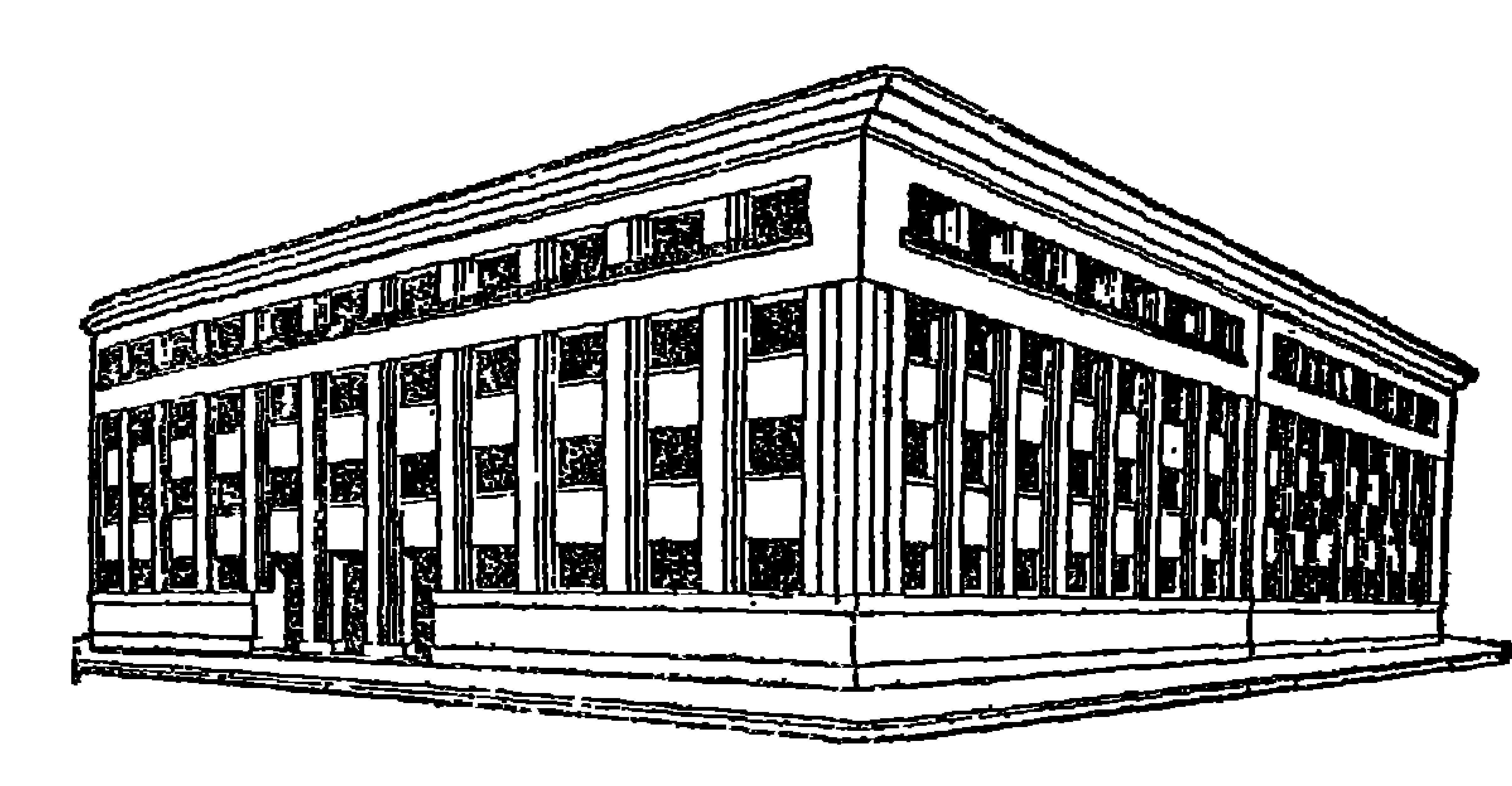
١ ــ قد تساعد التفجيرات النووية التى تجرى تحت الأرض بمسافات كافية على تحديد تركيب الأرض الداخلى ، وهذه فائدة علمية بحتة .

٢ ــ إمكان استخدام التفجيرات النووية فى إزالة بعض الجبال أو فى حفر البحيرات ونحوها مما قد يفيد البشر فى أمور انتقالهم ومعاشهم .

٣ ـ خزن الحرارة المتولدة من الانفجارات النووية داخل صخور القشرة الأرضية التى يتم فيها الانفجار ، ثم الاستفادة منها عن طريق إيصال المياه إليها لإنتاج البخار اللازم لتوليد الكهرباء ، وهذه ناحية اقتصادية لا بأس بها إذا أمكن توفيرها حقاً ، وخصوصاً إذا تحقق حلم تفجير القنابل الذرية النظيفة !

اقرأ

- عنوان هذه السلسلة خير ما يوجّه إلى الأفراد والجماعات . بل هو خير ما وجّه إلى الإنسان منذ تحضر إلى الآن .
- السلسلة الشهرية الوحيدة التى تعمل منذ أكثر من خمس عشرة سنة على جعل الثقافة فى متناول الجميع .
- نواة صالحة لإنشاء مكتبة زهيدة الثمن كبيرة الفائدة . فى كل منزل يستفيد منها الشباب والشيوخ على السواء .



دار المعارف للطباعة والنشر

أسست بالقاهرة سنة ١٨٩٠ — ٥ شارع مسبيرو بالقاهرة

تليفون ٤٩٨٦٨ — س. ت ٥٢١٢١

تعمل على رفع مستوى الكتاب العربي

وتعنى بنشر الجيد النافع من الكتب

